

# Тело в действии. Трактат о принципах физиологии

Алекс Хилл

## THE BODY AT WORK

A TREATISE ON THE PRINCIPLES  
OF PHYSIOLOGY

BY

ALEX HILL, M.A., M.D., F.R.C.S.  
SOMETIME MASTER OF DOWNING COLLEGE, CAMBRIDGE

WITH 46 ILLUSTRATIONS

LONDON  
EDWARD ARNOLD

1908

[All rights reserved]

# Электронная книга проекта Гутенберга "Тело в действии: трактат о принципах физиологии"

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и в большинстве других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу [www.gutenberg.org](http://www.gutenberg.org). Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

**Название:** Тело в действии: Трактат о принципах физиологии

**Автор:** Алекс Хилл

**Дата выхода:** 31 августа 2020 г. [Электронная книга № 63089]

Последнее обновление: 18 октября 2024 г.

**Язык:** Английский

**Кредиты:** Подготовлено Полом Маршаллом, Тургутом Динсером и командой онлайн-корректоров по адресу <https://www.pgdp.net> (Этот файл создан на основе изображений, щедро предоставленных интернет-архивом)

\*\*\* НАЧАЛО ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ГУТЕНБЕРГА "ТЕЛО В ДЕЙСТВИИ: ТРАКТАТ О ПРИНЦИПАХ ФИЗИОЛОГИИ" \*\*\*

Изображение на обложке создано автором и находится в общественном достоянии.

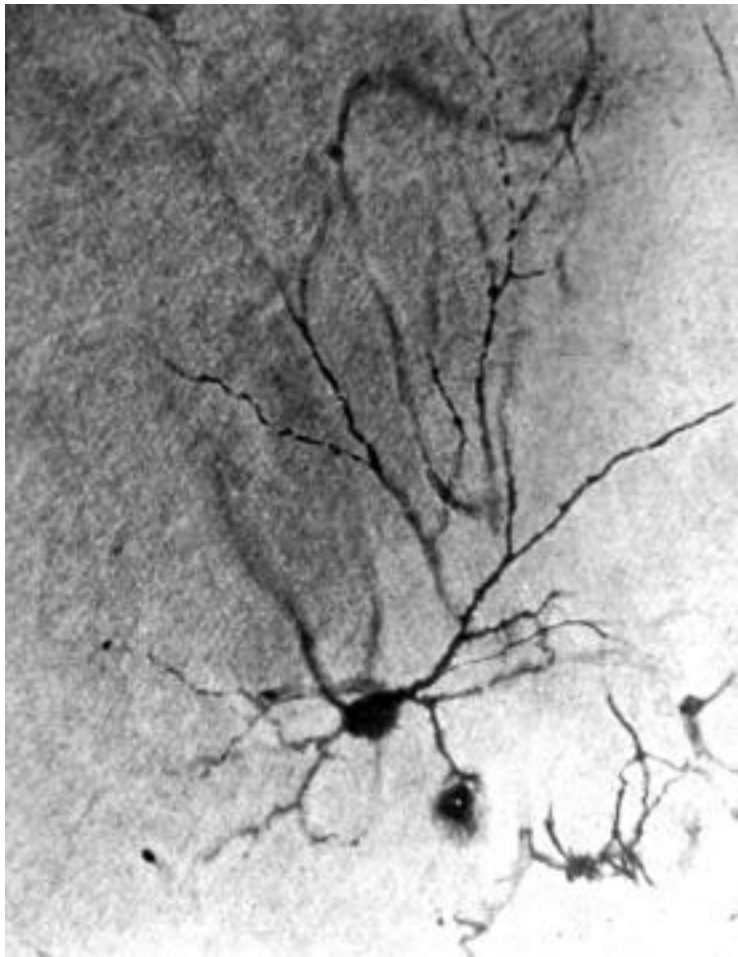
---

## ТЕЛО В ДЕЙСТВИИ

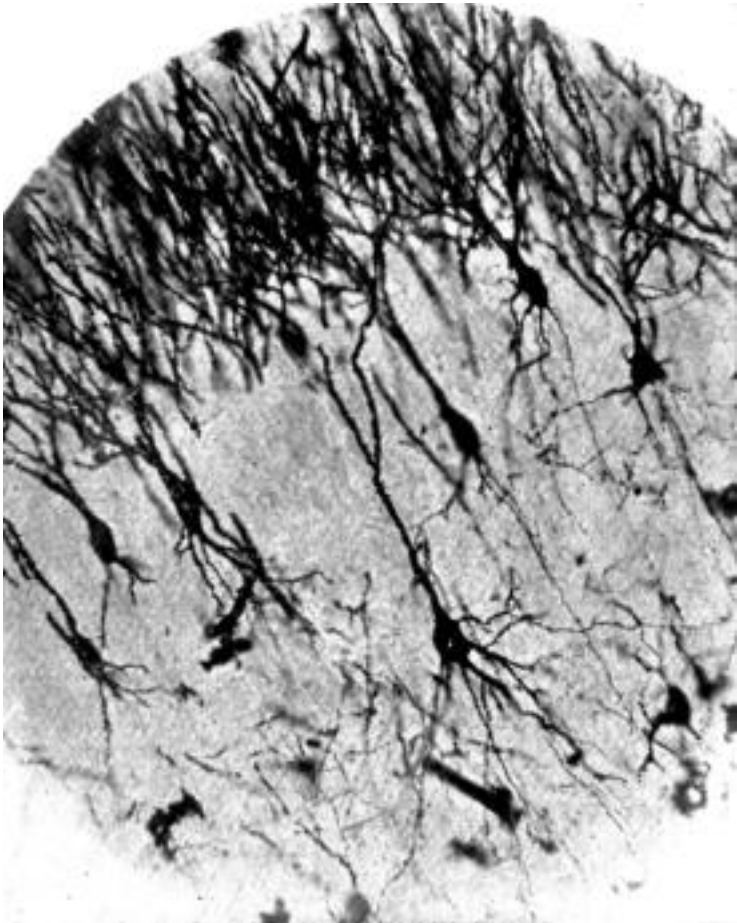
---



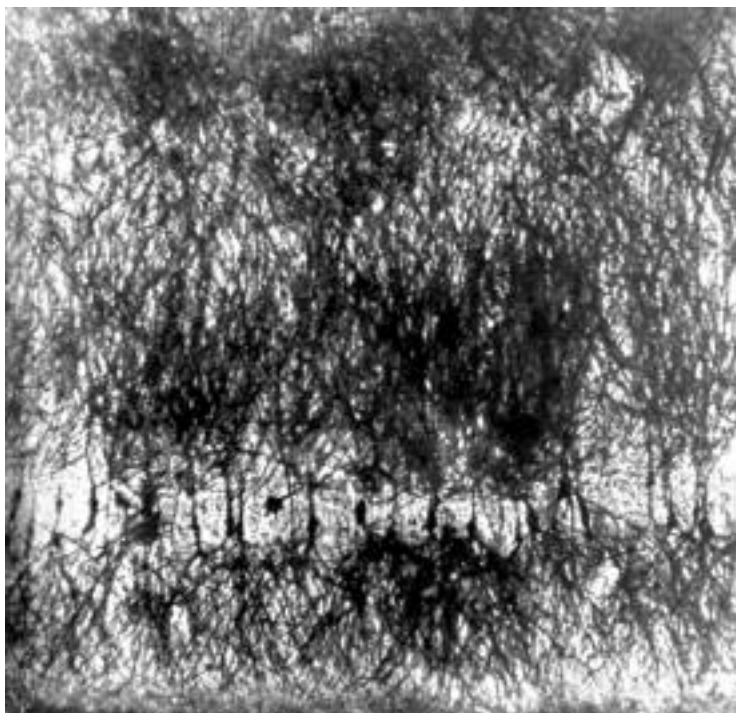
A.



B.



C.



**D.**

Рис. 1.—Микрофотографии клеток коры мозжечка и головного мозга.

*Описание см. на стр. х.*

*Фронтиспис.*

---

## **ТЕЛО В ДЕЙСТВИИ**

ТРАКТАТ О ПРИНЦИПАХ ФИЗИОЛОГИИ

АЛЕКС ХИЛЛ, магистр медицины, F.R.C.S.

КОГДА-ТО БЫЛ МАГИСТРОМ ДАУНИНГ-КОЛЛЕДЖА В КЕМБРИДЖЕ

С 46 ИЛЛЮСТРАЦИЯМИ

ЛОНДОН

ЭДВАРД АРНОЛЬД

1908

*[Все права защищены]*

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Немногие предметы так хорошо снабжены учебниками, как физиология; и все же можно усомниться в том, что интересы любителя науки были должным образом учтены. С его точки зрения, даже у самых замечательных учебников есть определенные очевидные недостатки. Авторы, пишущие для студентов-медиков, предполагают, что их читатели прошли двухлетнюю предварительную подготовку по физике, химии и биологии; они считают само собой разумеющимся, что у них будет привилегия дополнить изучение теории физиологии практической работой в лаборатории; они одинаково тщательно подходят ко всем разделам предмета. В этой книге я попытался описать явления жизни и основные выводы, которые были сделаны относительно их взаимозависимости и причин, языком, который будет понятен людям, незнакомым с науками, на которых основана физиология. Я опустил все ссылки на экспериментальные методы и технику науки, за исключением случаев, когда знание средств, с помощью которых была получена информация, необходимо для понимания ее содержания. Я опустил те разделы предмета, которые обычно считаются непригодными для обычного обсуждения. И поскольку эта книга не претендует ни на введение в систематическое изучение физиологии, ни на помощь при подготовке к профессиональным экзаменам, я с некоторой тщательностью рассмотрел более непонятные и наводящие на размышления результаты недавних исследований и попытался указать направление современной мысли относительно еще не решенных проблем. Я попытался отразить внутренний интерес этой науки, отдельно от ее медицинского применения.

Автор, пытающийся популярно изложить науку, должен стоять достаточно далеко от своего предмета, чтобы упустить из виду его детали, в то же время четко сохраняя его очертания. Трудность нахождения такой позиции, вероятно, больше в случае физиологии, чем в случае любой другой науки. Немногие из ее выводов бесспорны — даже те, которые кажутся наиболее соответствующими балансу доказательств. Если мое отношение к каким-либо спорным вопросам неоправданно догматично, это, я полагаю, будет объяснено желанием представить определенную картину, а не забвением соображений, которые, по-видимому, требуют определенных утверждений. Все физиологи согласятся, что книга, в которой были бы зафиксированы все факты, которые трудно согласовать с общепринятыми взглядами, не только была бы непомерно длинной, но и оставила бы весьма неопределенное впечатление в сознании читателя.

Во многих случаях ценность заключения зависит от репутации проницательного и точного физиолога, который записал наблюдения, на которых оно основано. Отсутствие должной оценки гения работников, внесших наибольший вклад в развитие науки, побудило меня опустить, за исключением нескольких классических примеров, имена всех авторитетов. Это исключительно из-за желания прояснить в этой книге все детали, несущественные для понимания изложенных в ней положений.

Иллюстрации представляют собой репродукции рисунков на доске. Некоторые из них уже появлялись в моей *тетради физиолога* и *Букваре физиологии*; но подавляющее большинство сейчас печатается впервые.

АЛЕКС ХИЛЛ.

Ноябрь 1908 года.

---

## Содержание

| ГЛАВА                  | СТРАНИЦА |
|------------------------|----------|
| I. ПРОЛЕГОМЕНЫ         | 1        |
| II. ОСНОВА ЖИЗНИ       | 6        |
| III. ЕДИНИЦА СТРОЕНИЯ  | 26       |
| IV. ЖИДКОСТИ ОРГАНИЗМА | 37       |
| V. ВНУТРЕННЯЯ СЕКРЕЦИЯ | 84       |
| VI. ПИЩЕВАРЕНИЕ        | 96       |
| VII. ДЫХАНИЕ           | 164      |
| VIII. ВЫДЕЛЕНИЕ        | 194      |
| IX. КРОВООБРАЩЕНИЕ     | 217      |
| X. МЫШЦЫ               | 248      |
| XI. НЕРВНАЯ СИСТЕМА    | 293      |
| XII. ОБОНЯНИЕ И ВКУС   | 364      |
| XIII. ЗРЕНИЕ           | 372      |
| XIV. СЛУХ              | 404      |
| XV. КОЖНЫЕ ОЩУЩЕНИЯ    | 423      |
| XVI. ГОЛОС И РЕЧЬ      | 431      |
| ИНДЕКС                 | 441      |

---

## СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

| РИС.                                                              | СТРАНИЦА          |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1. Микрофотографии тканей головного мозга                         | <i>Фронтиспис</i> |
| 2. Органы грудной клетки и брюшной полости                        | <i>xi</i>         |
| 3. Слизистая железа, капилляры и соединительнотканые пространства | 38                |
| 4. Кровяные тельца                                                | 60                |
| 5. Селезенка-пульпа с фагоцитами                                  | 81                |
| 6. Двенадцатиперстная кишка и соседние органы                     | 99                |

|     |                                                                            |     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.  | Долька печени и печеночные клетки                                          | 160 |
| 8.  | Диафрагма во время вдоха и выдоха                                          | 172 |
| 9.  | Почки                                                                      | 197 |
| 10. | Сердце в продольном разрезе                                                | 218 |
| 11. | Горизонтальный разрез сердца, показывающий его клапаны                     | 225 |
| 12. | Разрез стенки малой артерии                                                | 233 |
| 13. | Кимография                                                                 | 238 |
| 14. | Сфигмография                                                               | 244 |
| 15. | Показатели артериального давления                                          | 245 |
| 16. | Мельчайшая структура мышечных волокон                                      | 262 |
| 17. | Двуглавая мышца в действии                                                 | 286 |
| 18. | Электрический орган конька                                                 | 289 |
| 19. | Мельчайшая структура нервного волокна                                      | 296 |
| 20. | Ганглиозные клетки с нейрофибриллами пиявки                                | 298 |
| 21. | Развитие гранул мозжечка                                                   | 304 |
| 22. | Тигроиды и нейрофибриллы                                                   | 321 |
| 23. | Мельчайшая структура коры мозжечка                                         | 339 |
| 24. | Мельчайшая структура коры головного мозга                                  | 347 |
| 25. | Функциональные области коры головного мозга                                | 352 |
| 26. | Вкусовые луковицы                                                          | 368 |
| 27. | Горизонтальный разрез глаза                                                | 373 |
| 28. | Развитие хрусталика                                                        | 374 |
| 29. | Тени Пуркинье от Сосуды сетчатки                                           | 375 |
| 30. | Сетчатка, адаптированная к темноте и яркому свету                          | 377 |
| 31. | Одновременный контраст                                                     | 383 |
| 32. | Формирование изображения на сетчатке                                       | 391 |
| 33. | Форма глазного яблока при близорукости, нормальном зрении и дальнозоркости | 392 |
| 34. | Слепое пятно                                                               | 394 |
| 35. | Оптический обман                                                           | 398 |
| 36. | Оптический обман                                                           | 401 |
| 37. | Оптический обман                                                           | 402 |
| 38. | Наружное, среднее и внутреннее ухо                                         | 411 |
| 39. | Улитка                                                                     | 414 |
| 40. | Кортиевый орган                                                            | 415 |
| 41. | Нервы эпителия роговицы                                                    | 424 |
| 42. | Сенсорные тельца                                                           | 427 |



|     |                              |     |
|-----|------------------------------|-----|
| 43. | Тельца Пачиниана             | 428 |
| 44. | Голосовая щель               | 432 |
| 45. | Гортань в продольном разрезе | 433 |
| 46. | Гортань с правой стороны     | 435 |

---

## ЗАПИСКА НА ФРОНТИСПИСЕ

Четыре микрофотографии клеток или частей клеток ткани головного мозга, окрашенных хромово-серебряным методом (*ср. стр. 293*).

**А.** Клетка Пуркинье из мозжечка мужчины 45 лет. В нижней части фотографии видно округлое тело клетки с началом ее аксона. Вершина тела клетки имеет тщательно разветвленную систему дендритов, расположенных в плоскости разреза.

**Б.** Единственная корзиночная клетка коры мозжечка (очень сильно увеличена). Овальное тело клетки дает начало четырем дендритным отросткам, которые разветвляются. Шипы видны на более крупном отростке, который поднимается справа. От того же отростка, недалеко от его истока, берет начало тонкий аксон, который утолщается по мере того, как образует корзинку в правом нижнем углу фотографии. Две другие ветви того же аксона, которые образуют корзинки вокруг других клеток Пуркинье, слабо видны, хотя и не в фокусе.

**С.** Семь или восемь пирамид из коры головного мозга ежа. Немного ниже центра фотографии видна большая пирамида с единственным колючим верхушечным отростком, который раздваивается, несколькими базальными дендритами и аксоном. В верхней части фотографии видны верхушечные отростки ряда пирамид, тела которых не были включены в разрез.

**Д.** Край коры головного мозга (*subiculum cornu Ammonis*) из того же образца. Поперек фотографии тянется единственный ряд пирамид. Они примечательны богатством разветвления своих базальных отростков, за что клетки, составляющие этот лист, получили название “двойных пирамид”.

Все четыре секции были вырезаны вертикально к поверхности.

---

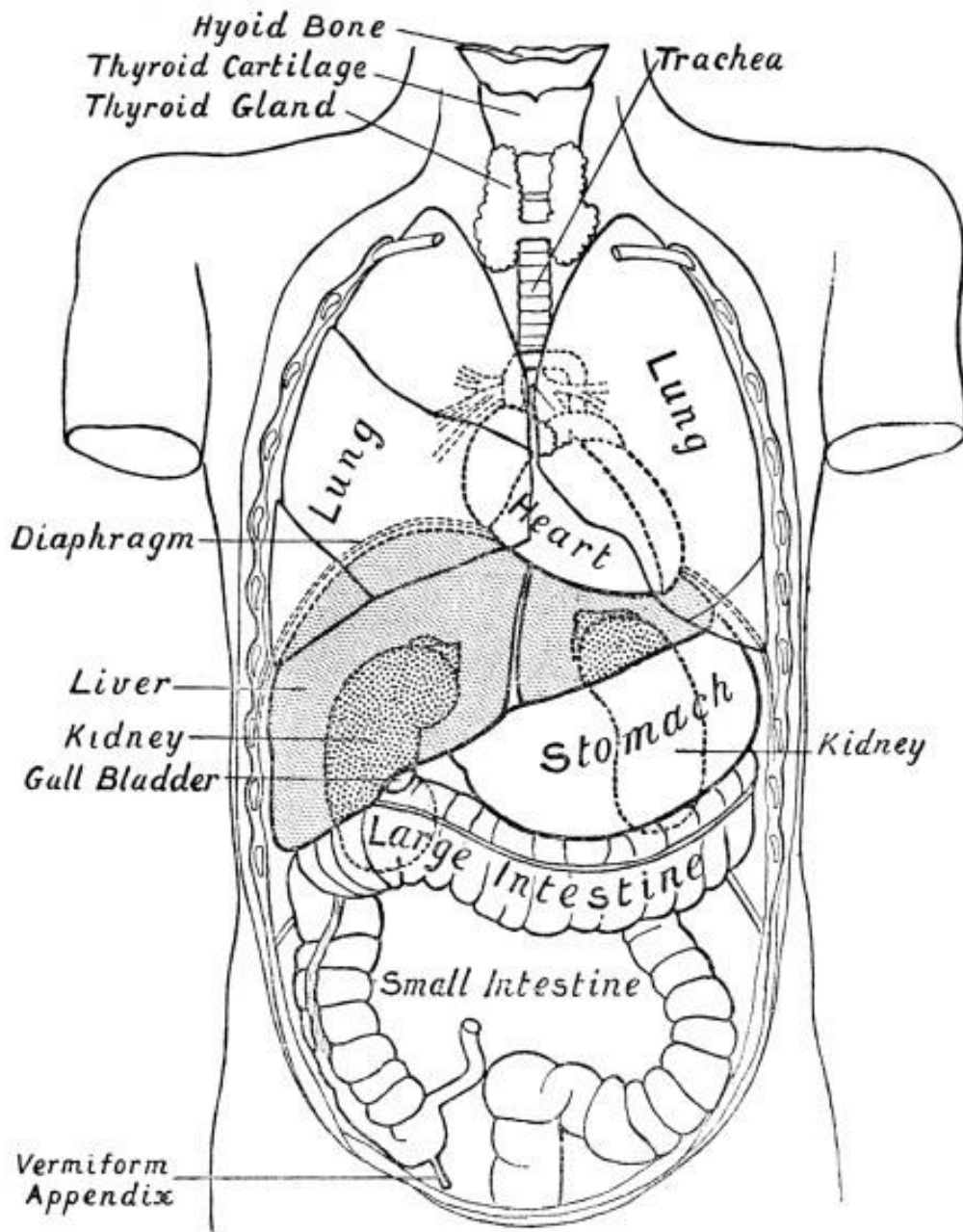


Рис. 2. Диаграмма, показывающая взаимное расположение органов грудной клетки и брюшной полости.

Ребра с первого по десятое разрезаны поперек по боковой линии. Одиннадцатое и двенадцатое ребра не выходят достаточно далеко вперед, чтобы их можно было разрезать. За исключением короткого сегмента вблизи его соединения с восходящей ободочной кишкой, тонкая кишка была удалена. Видно, что трахея разделяется на бронхи под дугой аорты. Правое легкое состоит из трех, левое - из двух долей. Почки расположены позади всех остальных внутренних органов. На их верхних концах покоятся две надпочечные капсулы. Нижний край правой доли печени точно повторяет линию ребер и реберных хрящей. Ниже левой доли печени желудок переходит в переднюю брюшную стенку. Поперечная ободочная кишка (толстый кишечник) подходит к передней стенке ниже желудка. Ниже последней стенка соприкасается главным образом с

изгибами тонкой кишки. Червеобразный отросток опирается на заднюю стенку. Селезенка и поджелудочная железа на схеме не показаны.

---

## ТЕЛО В ДЕЙСТВИИ

---

### ГЛАВА I ПРОЛЕГОМЭНЫ

Физиология - это наука о работе организма. Это изучение жизни. Анатомия описывает строение растений и животных. Она составляет карты и измеряет. Физиология устанавливает, что они делают, пытается объяснить, как они это делают, и предполагает, почему.

Знание структуры необходимо для правильного понимания функции; но физиолог рассматривает структуру не с целью предугадывания возможностей действия. Его не интересует структура как таковая. Для него совершенно безразлично, находится ли сухожилие мышцы у ее истоков или в месте ее прикрепления. Он предпочел бы не знать, какой конец мышцы заканчивается сухожилием. Обращать внимание на такой факт - пустая трата времени, если не считать негативной, защитной ценности информации. Если бы он не знал, как связаны мышца и сухожилие, он, возможно, мог бы представить, что мышца выполняет то, на что она неспособна. Наблюдателям за живыми существами часто приписывают изучение структуры с целью определения функции. Истинный порядок мышления и наблюдения обратный. Живые существа совершают определенные действия. Не имея врожденного знания о нашем собственном микрокосме, которое позволило бы нам сказать, как он работает, мы не можем, размышляя о наших собственных внутренних операциях, объяснить различные виды его деятельности. Мы также не можем использовать результаты самоанализа, когда пытаемся объяснить действия других существ. Наше знание о том, как делаются вещи, полностью внелично, объективно. Это результат проб, неудач, успеха в использовании аппаратуры, наших собственных эссе или эссе других людей. Тело представляет собой комбинацию органов — термин, используемый несколько расплывчато для обозначения любой части животного механизма, которая выполняет определенную функцию. Физиолог изучает результаты деятельности органа. Он наблюдает за ним в действии и пытается объяснить процесс, посредством которого он производит свои эффекты. Затем следует анатом, который, разбирая его на части, исследует со всей тщательностью, какую позволяют скальпель, пинцет или микроскоп, с целью установить, подтверждает ли его структура гипотезу физиолога относительно способа его действия. Такова в подавляющем большинстве случаев история научного прогресса. Физиолог опередил анатома в выводах о том, каким образом все делается. Анатом после дальнейшего изучения структуры либо признал правдоподобность своего объяснения, либо выдвинул возражение, что часть была неспособна работать предполагаемым образом.

Это сравнение анатомии и физиологии не должно заходить слишком далеко. Было сказано достаточно, чтобы подчеркнуть различие между ними. В первом случае речь идет о форме, в другом - о функции. Один рассматривает структуру, другой - действие. Анатомия в ее ограниченном и логичном смысле не имеет ничего общего с использованием части; ее задача - измерить ее. Физиология не имеет ничего общего с измерениями частей тела; ее обязанность - следить за движением. Каждое живое существо можно рассматривать либо в его статическом, либо в динамическом аспекте. Физиология смотрит на это с последней точки зрения.

Обозревая свою область, физиолог спрашивает себя: “Кто мои субъекты? Что я должен о них узнать? Какие методы, помимо прямого наблюдения, я могу использовать для получения этой информации?” Его надзор распространяется на все живое. Больше нецелесообразно проводить различие между физиологией человека и животных, или между физиологией животных и физиологией растений. Ни один человек не может использовать всю науку в своей области. Если он удовлетворится тем, что поцарапает его поверхность, то, несомненно, соберет лишь скудный урожай, и то в основном сорняки. Но он сильно отстает от духа своего времени, если отказывается посеять на своем собственном маленьком пятачке семена мысли, которые расцвели в других местах, какими бы отдаленными они ни были. Человек, целью изучения физиологии которого является получение знаний о работе здорового человеческого тела, чтобы он мог знать, как устранить несчастные случаи, извращения и преждевременное разложение, к которым склонна человеческая плоть, оставался бы эмпириком самого жесткого типа, если бы он не применял к выяснению своих проблем все выводы, полученные из изучения других организмов, которые, вероятно, окажутся уместными. Не было бы науки о физиологии человека, если бы наблюдение и эксперимент ограничивались Человеком. Можно добавить, что не было бы никакой медицинской науки, если бы способ работы человеческого организма и влияние лекарств на него не были выведены из результатов экспериментов на животных — экспериментов, которые никогда не могли быть проведены на людях. Волдыри, кровопускание, отравление ртутью по-прежнему были бы лекарствами врача от всех человеческих болезней. “Хорошенько встряхните часы. Иногда это приносит пользу. Если это не удастся, я не могу посоветовать вам, что делать, поскольку я ничего не знаю о работе часов”. Даже если мы вскрываем живое человеческое тело, что необходимо для устранения тех дефектов, которые поддаются хирургическому лечению, и некоторое время наблюдаем, как вращаются его колеса, мы не можем, из страха повредить колеса, провести механические тесты, которые сказали бы нам, как и почему они вращаются. Человеку должно быть позволено восстановиться с неповрежденными органами. Но благодаря анестезии нет такого теста, который нельзя было бы применить к живому животному с такой же тщательностью, как и к мертвому. Анестезиология в своем этическом применении устраняет различие между жизнью и смертью, потому что мы не обязаны, как в случае с человеком, позволять животному выздоравливать. В этой книге будут описаны многие эксперименты на животных, и поскольку книга предназначена для широкой публики, которая была необычайно введена в заблуждение относительно природы и методов вивисекции, мы воспользовались возможностью настаивать на том, что анестезия сделала все не только возможным, но и законным. Нет необходимости начинать описание каждого эксперимента с утверждения, что животное сначала было помещено в состояние полной анестезии, или заканчивать его утверждением, что оно было уничтожено до того, как оправилось от действия анестетика. Читатель может принять эти факты как должное. Обсуждая уместность оперирования живого, но бессознательного животного, мы играем в словесную игру, старую, как времена Платона. Что такое жизнь? Каково отношение личности к животному

механизму, в котором она находится и которым управляет? В течение нескольких минут сердце, извлеченное из тела, продолжает биться. В физиологическом смысле оно живое, хотя тело, из которого оно было удалено, мертво. Однако личность не находится в сердце, как считали многие поколения философов. Это просто случайность, что тело умирает, когда координирующий механизм, сердце, перестает качать кровь по своим сосудам. Личность также не ограничивается мозгом. Без органов чувств, которые связывают мозг с телом, и благодаря движениям тела, с помощью которых устанавливаются источники ощущений обоняния, зрения, слуха, с миром, частью которого он является, не было бы ни личности, ни Эго. Является ли оно, в таком случае, равноценным телу, которое его демонстрирует? Солдат, возвращающийся с войны калекой, не заканчивает свои дни с урезанной личностью. Мы не ближе, чем был Платон, к определению жизни. Такое обсуждение вскоре выводит нас из сферы науки. Наука ограничена сферой, в которой целое больше части. Заберите сознание, и личность исчезнет. Гарантируйте, что сознание никогда не вернется. Животное мертво. Рассматривая уместность вивисекции, мы должны рассматривать жизнь и сознание как неразделимые. Не может быть вопроса о том, правильно это или неправильно в отношении экспериментов над мертвым животным, даже если чувствительный ум из-за ассоциаций уклоняется от их созерцания. Человек, которому не нравится идея препарирования мертвого животного, руководствуется чисто субъективными и личными соображениями; он также не испытывает сочувствия к животному, находящемуся без сознания, когда отшатывается от зрелища его все еще движущихся органов. Термин “вивисекция” имеет слишком широкое значение. Необходим негативный термин, какое-нибудь слово, которое сдерживало бы эмоцию жалости. Жалость неуместна, когда она направлена на бессознательных субъектов физиологического эксперимента; и, к счастью для животных, как и для Человека, анестезия приостанавливает сознательную жизнь. Только человек, перенесший хирургическую операцию, может понять, насколько решительно интеллект отказывается принимать как часть себя то, что не входило в его собственный опыт. Показания медсестры о том, что между наложением маски на лицо и началом того тупого полубессознательного состояния, которое постепенно переросло в интерес к окружающему, прошел долгий промежуток времени, не могут быть отброшены в сторону. Медсестра говорит, что во время этого перерыва нож, пила и прижигатель были заняты своей работой. Ее рассказ принят, но ему не верят. Все физиологические операции проводятся под наркозом. В гораздо большем количестве случаев эксперимент продолжается до тех пор, пока жизнь не прекратится, под наркозом. Единственное основание, на котором может быть основано возражение против вивисекции, - это то, что она предполагает причинение боли, и именно в отношении этого в общественном сознании существует величайшее заблуждение. Только в экспериментах, целью которых является изучение последствий удаления определенной части, отвода протока, устранения контроля над определенным нервом, существует какая-либо вероятность того, что при существующих условиях животное пострадает. В подобных экспериментах наблюдения могут начаться только после выздоровления животного. Операция проводится под наркозом и с максимальными предосторожностями, чтобы предотвратить любое нарушение общего состояния здоровья животного. Травма почти во всех случаях носит сравнительно ограниченный характер, и несомненно, что она причиняет животному очень небольшую боль, когда оно оправляется от наркоза, поскольку, на этот раз благодаря асептической хирургии, нет воспаления или других вторичных проблем.

Область физиологии охватывает явления, проявляемые всеми живыми существами, будь то растения или животные. Физиолог растений работает в одной части, сравнительный физиолог -

в другой. Работа физиолога человека более ограничена по объему. Тем не менее, существует несколько проблем, связанных с механизмом человека, о которых физиолог может иметь прямое представление. Его теории основаны на результатах, полученных в результате экспериментов на животных.

---

## ГЛАВА II ОСНОВА ЖИЗНИ

Протоплазма была определена Хаксли как “физическая основа жизни”. Это материальная субстанция, которая живет. Нет жизни ни в чем, что не состояло бы из системы нитей протоплазмы, не поддерживалось бы на них и не пронизывалось бы ими. Определение Хаксли неразрывно связывает в мышлении протоплазму и жизнь. Но сомнительно, является ли это определение в каком-либо смысле аксиоматичным. Прилагательное “физический” имеет слишком узкий диапазон. Если бы биолог мог сказать химику: “Вот вещество, которое было живым. Если бы я мог вернуть ему энергию, которую он потерял, если бы я мог придать ему движение, которое я распознаю как жизнь, оно снова было бы живым”, - он предлагал химику вещество, восприимчивое к методам его науки, нечто такое, что он мог бы проанализировать. Если бы, подойдя к физику с группой химических продуктов, он мог сказать: “На эти протоплазмы распались при умирании. Я не могу заверить вас, что при жизни они были объединены в молекулы в вашем понимании этого термина. Возможно, не существует такого ‘вещества’, как протоплазма, в том смысле, в каком вы понимаете это слово, но до тех пор, пока эта масса жила, эти различные знакомые соединения были связаны друг с другом в надмолекулярной форме. Смерть была их распадом. Если бы я мог заставить их рекомбинировать, они были бы живы”, - ставил он физику задачу в пределах возможностей своих методов. Физик мог бы разработать метод измерения этих единиц. Наука, которая может взвесить электрон, тысячную долю атома, может не опасаться неудачи в своей попытке измерить размер структурных единиц, состоящих из групп тяжелых молекул, альбуминов, глобулинов и других белков,<sup>[1]</sup> с включением, возможно, жиров, сахаров, неорганических солей. Но в этом и заключается дилемма биолога. Он не может утверждать, что существует однородная субстанция, протоплазма. Он не может утверждать, что существует определенная тектоническая группировка разнородных веществ, которая, пока она сохраняется, составляет физическую основу, способную, и только способную, проявлять явления жизни. Протоплазма по-прежнему остается гипотетической субстанцией - названием. Действительно, в отсутствие азотсодержащих соединений очень сложного химического состава жизни нет. Все живые существа дают при химическом анализе примерно одинаковые азотистые вещества. Никто не может сказать, зависит ли способность к жизни от молекулярного — то есть химического — строения основы, или же она зависит от расположения ее молекул, от ее формы. Остается даже открытым вопрос о том, не является ли нестабильность, способность к непрерывным изменениям как в химическом составе, так и в форме, условием, отличающим живую материю от мертвой. “Физическая основа” - слишком сложный термин для этой неуловимой концепции материи, которая проявляет жизнь.

Если бы было возможно с помощью процесса элиминации установить, какие вещества должны присутствовать в протоплазме, физиолог мог бы сформулировать разумную гипотезу относительно природы этой “основы”. Но нет ни одной части какого-либо живого существа, или, во всяком случае, ни одной части, которая не была бы микроскопической по своим размерам, которую можно было бы назвать протоплазмой и ничем иным. Невозможно выделить что-либо, что можно было бы описать как чистую протоплазму. Также невозможно путем сравнения различных тканей, которые, как известно, богаты протоплазмой, установить, какие химические вещества являются общими для всех них.

Если бы было возможно путем анализа ряда образцов протоплазмы убедиться, что, хотя  $x$  отсутствует в одном,  $y$  в другом и  $z$  в третьем, всегда присутствует что-то одно,  $P$ , тогда  $P$  можно было бы рассматривать как физическую основу, даже если было бы очевидно, что  $P$  само по себе не является протоплазмой. Протоплазма была бы  $P$  в сочетании либо с  $x$ ,  $y$ , либо с  $z$ . Глобулины, альбумины и другие белки присутствуют всегда, но в разных пропорциях; но невозможно быть уверенным, что какое-либо из этих химических веществ важнее остальных. Также невозможно утверждать ни о том, ни о другом, что это существенно.

Химически протоплазма представляет собой смесь веществ, главным образом протеидов, в состоянии, в котором она способна проявлять явления жизни. Но будет ли это более сложная и тяжелая молекула, чем глобулин, нуклеопротеин, альбумин, фибрин или любое другое из азотистых соединений, которые занимают ее место после смерти; или же она будет такой же простой, как любое из этих соединений, но будет отличаться от них своей нестабильностью, постоянным потоком своих атомов, который заставляет ее в одно время склоняться к одному из них, в другое время - к другому, - это вопросы, на которые в настоящее время невозможно ответить.

Неопределенность относительно химической природы протоплазмы является причиной досадной неправильности в использовании этого термина. Это *ex hypothesi* самая активная, самая живая часть животной клетки. Если у клетки есть ядро и оболочка, то протоплазма должна находиться в пространстве между ними. Поэтому эту часть клетки часто называют, без уточнений, “клеточной протоплазмой”. Часто злоупотребление этим словом идет еще дальше. Молодые клетки, лейкоциты, нервные клетки и т.д., не имеющие оболочки, состоят из ядра, заключенного в мягкое клеточное вещество. Последнее называется его протоплазмой. Клетка описывается как состоящая из ядра и протоплазмы, причем этот термин имеет анатомическое значение. Такое использование термина не только плохо, поскольку указывает на путаницу в мышлении, но и влечет за собой череду двусмысленностей. Каковы пределы протоплазмы? Если тело клетки снаружи более твердое, чем внутри, является ли более плотная субстанция протоплазмой или нет? Она не обладает качествами, которые приписываются протоплазме в такой заметной степени, как вещество, которое ее окружает. Отсюда делается различие. Один из них - “эктоплазма”, другой - “эндоплазма”. Внутри тела клетки находится множество скоплений, часто в форме гранул, веществ, которые не обладают протоплазматическими свойствами. По мнению некоторых цитологов, они составляют “дейтероплазму”. Но эти заключенные в них вещества могут быть так же далеки от протоплазмы, как зерна крахмала. Абсурдно использовать термин “плазма” для обозначения таких четко определенных продуктов клеточной активности, как эти. К сожалению, тема затемнена противоречивыми терминами. Номенклатуры, которые были изобретены с целью придания определенности нашим идеям, послужили лишь для того, чтобы сбить их с толку. Термин “протоплазма” следует приберечь как

синоним вещества, которое является наиболее живым, вещества, в котором химические изменения наиболее активны, вещества, обладающего в высшей степени потенциалом роста. Анатомические различия лучше выразить в анатомических терминах. Мы рассмотрим такие различия при рассмотрении организации клетки.

Тем временем, возможно, было бы неплохо рассмотреть признаки, которые, по-видимому, присущи этой самой живой субстанции. О его химическом составе можно судить только по соединениям, обнаруженным при анализе в массе организованного вещества, которое, как есть основания полагать, при жизни было богато протоплазмой. Обнаруженные соединения варьируются в определенных пределах. Количество воды, связанное с этими соединениями, еще более изменчиво. Вода необходима для существования протоплазмы. Способность соединяться с водой в различных количествах является одной из его характеристик. Ткани, богатые протоплазмой, содержат в среднем около 75% воды. Часть протоплазмы внутри клетки содержит больше связанной с ней воды, часть - меньше.

Его способность удерживать воду тесно связана с его склонностью принимать архитектурную форму. В крупных растительных клетках, таких как волоски в цветках традесканции, под микроскопом можно увидеть протоплазму, расположенную в виде нитей, содержащих гранулы, которые непрерывно струятся вверх и вниз по ним. Промежутки между нитями заполнены водой. Нельзя сказать, что такая подвижная протоплазма имеет структурную форму. Но в большем количестве клеток, и особенно в клетках животных, протоплазма расположена в виде сети, причем обычно нити сети имеют тенденцию выстраиваться в линии. Пытаясь определить эти очень изменчивые сети, специалист по микроскопии обязан действовать с осторожностью. Ему очень трудно провести различие между внешними проявлениями, которые он с полным основанием считает присущими клеточному веществу, живому или мертвому, и внешними проявлениями, которые он, возможно, вызвал действием реагентов при подготовке ткани к исследованию. Редко он может утверждать, что видит сеть в живой клетке. Исследуя мертвую клетку, он обязан признать, что консерванты и отвердители, которые он использовал, возможно, заставили белки коагулировать по определенному образцу. Если он получает один и тот же паттерн несколькими различными методами, он делает вывод, что вид, который он видит, соответствует структуре, существующей в живой клетке; но он никогда не бывает полностью уверен, что это не устройство, созданное реагентами после смерти.

Тенденция протоплазмы располагаться в форме сети или губчатой структуры представляет наибольший интерес с точки зрения ее связи с теорией ее активности в осуществлении химических изменений. Само тело, как мы увидим позже, представляет собой сеть тканей, вмещающих лимфу. Лимфа в тканевых пространствах содержит продукты питания и отходы жизнедеятельности в виде раствора. Ткани постоянно забирают из нее первое и выделяют в нее второе. Каждая клетка является тканью под микроскопом. Нити его протоплазмы постоянно сортируют пищу из клеточного сока, добавляя к нему продукты жизнедеятельности клеточного сока. Путем диффузии продукты питания, включая кислород, переходят из лимфы в клетку; продукты жизнедеятельности, включая углекислоту, переходят из клетки в лимфу. Если в жевательную резинку добавить воду, жевательная резинка набухнет. Смесь получается однородной. Диффузия через слизь происходит медленно. Когда протоплазма поглощает воду, протоплазма набухает; но смесь не является однородной. Протоплазма расширяется подобно тому, как расширяется влажная губка, хотя отношение окружающего ретикулула к воде, которую он содержит, гораздо сложнее. Это, так сказать, губка, сделанная из смолы. Некоторое



количество воды соединяется с протоплазмой; остальная часть заполняет ее пространства. Существует активная поверхностная связь между свободной водой и протоплазматическими нитями. Подобно тому, как вода поднимается по капиллярной трубке, проходя изнутри фланелевой рубашки наружу, она циркулирует внутри клетки.

**Раздражимость** - свойство, обычно приписываемое протоплазме, но немного сомнительно, не возникает ли опять некоторой опасности нелогичного использования терминов. Амба, один из одноклеточных организмов, обитающих в прудах, обладает способностью двигаться. Если в качестве подходящего объекта рассмотреть с помощью микроскопа кусочек водного растения - стебель водоросли утконоса, — то на его поверхности обычно можно обнаружить этих маленьких животных. Они питаются водорослями чаще, чем сами. Когда они соприкасаются с чем-либо, пригодным в пищу, субстанция их тела обтекает это. Пища свертывается. Переваривается столько его, сколько может быть усвоено; остальное экструдируется. Постоянно части вещества тела высовываются, другие части втягиваются в поисках пищи. Такое движение является реакцией на стимул. Стимулы, полученные в одной части вещества тела, передаются в другую. Вещество тела раздражительно. Оно распознает стимулы; оно проводит их. Но если наблюдать за эмбрионами до тех пор, пока они не умрут из-за недостатка кислорода или по другой причине, их раздражительности приходит конец. Это явление жизни. И снова физиолог оказывается перед дилеммой. Либо протоплазма не является протоплазмой, когда наступает смерть, либо протоплазма не раздражима как таковая. Несколько парадоксально приписывать физической основе жизни свойство, которое зависит от того, что она живая.

Однако влияние анестетиков на протоплазму затрудняет понимание того, как физически или химически она может быть веществом, которое теряет свою форму или изменяет свой состав всякий раз, когда перестает демонстрировать обычные признаки своего существования. Хлороформ и подобные средства снижают раздражительность. Однако раздражительность возвращается, когда их воздействие проходит. Они, по—видимому, удерживают его под контролем, не изменяя — во всяком случае, заметно - природу раздражающего вещества.

Все части мельчайшего тела-вещества амбы одинаково раздражимы. У высших животных раздражимость сосредоточена в нервной системе. Форма раздражимости, к которой присоединяется сознание, ограничена корой большого мозга.

Хлороформ и подобные средства называются “обезболивающими”, потому что они устраняют раздражимость коры большого мозга, прежде чем их воздействие на другие части нервной системы станет достаточно выраженным, чтобы поставить под угрозу работу животного механизма. Боль перестает ощущаться до того, как доза анестетика становится достаточной для прекращения раздражительности центров рефлекторного действия. Вся протоплазма, будь то животная или растительная, восприимчива к воздействию этих агентов. Они приводят ее в состояние, напоминающее смерть во всех отношениях, за исключением невозможности возрождения. Зимой на парижском цветочном рынке белый цвет сирени пользуется большим спросом. Растение нельзя форсировать до окончания периода покоя. Не поливая кусты и помещая их в прохладное, тенистое место, садоводы стремятся преждевременно погрузить их в зимний сон. Недавно было обнаружено, что можно выиграть от трех до четырех недель, поместив кусты на пару дней в атмосферу, насыщенную парами эфира. Очевидно, что анестезия вызывает в протоплазме некоторое изменение состояния. Она перестает быть

способной принимать или передавать стимулы. Но мы не можем представить себе это изменение достаточно выраженным, чтобы оправдать гипотезу о том, что до тех пор, пока она подвержена раздражению, протоплазма является сложным веществом, которое по мере того, как оно теряет свою раздражаемость, распадается на более простые соединения, знакомые химии. Возможно, правильнее было бы сказать, что мы не можем представить себе, как эти химические вещества воссоединяются в протоплазму, когда действие анестетика проходит. Скорее, мы вынуждены думать о живой материи как о смеси многих веществ, находящихся в состоянии молекулярного обмена, и предполагать, что активность этого обмена уменьшается при приеме анестетиков.

**Химическая активность** - это свойство протоплазмы. В своей сети соединения и разложения осуществляются в более широком диапазоне, чем любое из тех, которые химик может вызвать в своей лаборатории. Из аммиака, углекислоты и воды растение вырабатывает альбумин. Химик не может получить альбумин, какими бы сложными ни были азотистые вещества, которые он пытается соединить. Животные расщепляют альбумин на воду, углекислоту и мочевины. Клетки желез желудка ставят перед химиками задачу, ставящую в тупик получение соляной кислоты из хлористой натриевой кислоты без вмешательства "более сильной" кислоты. Можно привести множество других примеров того же рода. Хотя ткани животных действуют главным образом как разрушающие агенты, их протоплазма не лишена созидательной силы. По-видимому, способности растений к синтезу безграничны. Химию живых существ можно разделить на две области, абсолютно антагонистичные по ряду реакций, которые они включают. Одна серия конструктивная, синтетическая; другая разрушительная, аналитическая. Конструирование включает в себя блокирование энергии. Это эндотермический процесс. Разрушение приводит к высвобождению энергии. Это экзотермический процесс. Для осуществления синтеза необходимо добавить энергию. Растения получают ее из солнечных лучей. Животные расходуют энергию, высвобождаемую при анализе веществ, образующихся в растениях, на поддержание тепла и движения своего тела.

Химия лаборатории и химия протоплазмы представляют определенные контрастные черты. Химик достигает соединения, которое он хочет сформировать, путем осуществления серии взаимозаменяемых процессов. Например, он хочет образовать мочевую кислоту, объединив ядро, содержащееся в молочной кислоте, с мочевиной. Сначала он вводит хлор и аммиак в молекулу молочной кислоты. Он производит трихлорлактамид. Затем он нагревает (снабжает энергией) смесь трихлорлактамида и мочевины. Два атома хлора уносят атомы водорода из мочевины. Третий оставляет трихлорлактамид с аммиаком. Вода также отделяется. Мочевая кислота остается.

Trichlorlactamide      Мочевины,      Мочевой Кислоты



Можно сказать, что в этом примере трихлорлактамид обменивает хлор и аммиак на мочевины. Планируя реакцию, химик предвидел, что произойдет. Он знал, что если он ослабит хватку лактодегида на них, хлор и водород, хлор и аммиак, кислород и водород воспользуются возможностью сбежать вместе. Корешок молочной железы и мочевины остались бы со свисающими плечами, которые должны "удовлетворять своему сродству", соединяясь. Было бы опрометчиво утверждать, что какая-либо реакция невозможна для химии Природы; но можно с уверенностью сказать, что реакции, вызываемые протоплазмой, насколько мы их знаем,

отличаются от этого лабораторного примера. Мочевая кислота является основным источником экскрементов птиц. Она вырабатывается в печени. Если печень отключена от кровообращения, вместо мочевой кислоты выделяется лактат аммиака. Следовательно, по всей вероятности, это лактат аммиака, который печень превращает в мочевую кислоту. Мы не можем претендовать на то, чтобы сказать, как это делается, хотя эмпирическую формулу изменения можно было бы составить достаточно легко.

Лактат аммиака имеет формулу  $\text{NH}_4\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3$ . Мочевая кислота,  $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ , содержит гораздо более высокий процент азота. Его можно было бы получить из лактата аммиака путем конденсации азотсодержащего ядра и добавления достаточного количества кислорода для завершения окисления избыточного углерода и водорода в углекислоту и воду. Подсчитывать количество атомов, участвующих в этом процессе, не представляет особого интереса. Если птицу кормить мочевиной или даже различными солями аммиака, ее печень преобразует их в мочевую кислоту. Лактат аммиака - азотсодержащее соединение, с которым обычно приходится иметь дело печени. Она с такой же легкостью справляется практически с любой другой комбинацией азота. В протоплазме печени атомы в молекуле лактата аммиака перестраиваются. Молекулы конденсируются; вода высвобождается; происходит окисление. Кажется, что молекулы при контакте с протоплазмой теряют свою индивидуальность. Их атомы распадаются на новые группы. Цепи, которые химику так трудно разорвать, — цепи, из которых он может удалить одно звено, только намекнув на другое, более прочное, — при контакте с протоплазмой представляют собой группы изолированных звеньев. Звенья перестраиваются. Они соединяются в новые кольца, больше, меньше, более открытые, тесные. Как песчинки на металлической пластинке группируются в гармонии с вибрациями, вызываемыми движением по пластинке скрипичного смычка, так и атомы реагируют на силы, заставляющие вибрировать протоплазму. Нет лишней траты сил. Химику, возможно, потребуется поместить опилки и известь в тигель, нагретый в электрической печи, если он хочет заставить их объединиться в карбид. Он поставляет энергию, значительно превышающую количество, которое может сохранить новое соединение. Под влиянием протоплазмы протекающие реакции точно пропорциональны количеству поступающей энергии. Или, если это реакция, посредством которой высвобождается энергия, она происходит спонтанно. Никакая энергия не расходуется на ее запуск. Вся высвобожденная энергия эффективна. Химику очень часто приходится нагревать вещество, чтобы вызвать его разложение, даже если оно переходит из менее стабильного состояния в более стабильное.

Химия жизнедеятельности и химия минералов настолько сильно различаются по своим методам, что возникает соблазн рассматривать их как разные по своему характеру. Нам очень трудно смотреть на то и другое с одной и той же точки зрения. Умы людей заняты вещами, которые они должны делать сами. Лабораторная химия рассматривается как наука, ограниченная стенами лаборатории. Если бы можно было стоять снаружи, было бы очевидно, что это всего лишь часть науки о молекулярных изменениях. Материя меняет свое состояние под воздействием силы. Химик производит множество перегруппировок, которые не происходят в природе. У него почти бесконечный диапазон действия. И все же многие из тех перестроек материи и силы, которые происходят в одуванчике на его подоконнике (если пары сероводорода его не убили), он воспроизвести не в состоянии. В значительной степени это вопрос расточительства. Природа работает с большей точностью, чем химик; но химик мог бы делать все, что делает Природа, если бы он обладал таким же контролем силы.

Мы говорили о реакциях, происходящих в протоплазме, как о разделяемых на две большие серии: одну восходящую, конструктивную, эндотермическую; другую нисходящую, деструктивную, экзотермическую. В одной серии энергия заперта; в другой серии она высвобождается. Синтез и анализ - это названия, применяемые к двум сериям соответственно. Синтез характерен для растений, хотя анализ также происходит постоянно. Растения фиксируют углерод из воздуха и выделяют кислород. Они также дышат, выделяя углекислоту. Анализ характерен для животных, хотя синтез не исключен.

О химических процессах, происходящих на заводах, известно очень мало. Можно выделить несколько промежуточных звеньев между сырьем и готовой продукцией. Конечными продуктами являются сахара и крахмалы, масла, белки и огромное количество других веществ — алкалоидов, глюкозидов и т.д. Конденсация, дегидратация и раскисление - вот методы, с помощью которых осуществляется синтез этих соединений. Эти методы в разной степени применяются одновременно. Большая группа веществ, известных как сахара и крахмалы, за редким исключением, построены на модели  $C_6H_6$ ; в фруктовом сахаре,  $C_6H_{12}O_6$ , шесть атомов углерода связаны друг с другом и с шестью молекулами воды. Формула крахмала -  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Из молекулы была удалена не только вода, но и неизвестное количество молекул было связано вместе. Эта конденсация и обезвоживание происходят всякий раз, когда сахар, содержащийся в клеточном соке, откладывается в виде крахмала в семенах или клубнях. Эти соединения шестиатомные. Химик представляет их образованными в первую очередь соединением шести атомов. Как маленькие капли объединяются, образуя более крупные, так и маленькие молекулы под действием протоплазмы растений сближаются.

Реакции, характеризующие протоплазму животных, другого рода. Они принадлежат к нисходящему ряду. Разворачиваются близкие молекулы. С ними соединяется вода. Водород и углерод окисляются до воды и углекислоты. Превращение гликогена или крахмала в сахар можно рассматривать как иллюстрацию расширения. Крахмал,  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , становится мальтозой,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , а затем декстроза,  $C_6H_{12}O_6$ . Сгруппированная молекула крахмала раскрывается. Расщепление двойной молекулы мальтозы на две молекулы декстрозы является еще одной иллюстрацией прогресса в направлении упрощения. Гидратация, соединение с **ВОДОЙ**, сопровождает это расширение. Гидролиз является секретом почти всех процессов пищеварения. Крахмал гидролизует в сахар, жир гидролизует в глицерин и жирную кислоту, белки гидролизуются в пептоны.

Все химические превращения, которые способна совершать протоплазма, имеют природу ферментаций. Термин **ферментация** впервые был применен к шипению, которое возникает в виноградном соке, когда его сахар превращается в спирт, углекислый газ и определенные вещества, которые появляются в относительно небольших количествах. Позже было обнаружено, что дрожжи, вызывающие это изменение, являются одноклеточными растениями. Термин “ферментация” был распространен на производство уксуса из спирта и, в конечном счете, на все такие реакции, которые осуществляются живыми организмами или выделениями или продуктами жизнедеятельности живых организмов без разрушения агента, который эффективен в процессе. Фермент - это органическое тело, которое вызывает изменения в других телах, не претерпевая изменений само по себе. В конце процесса, каким бы длительным он ни был, остается столько же брожения, сколько было в начале, и его химическая природа остается той же. Ренин свертывается почти в миллион раз быстрее, чем молоко по весу, а пепсин переваривается в полмиллиона раз быстрее, чем фибрин по весу. Поскольку закваска не

расходуется, нет никакой связи, кроме скорости, между закваской и количеством ферментируемого вещества, которое она способна трансформировать. Мы сказали, что фермент - это органическое тело. Необходимо ввести квалификацию “органический”, потому что определенные реакции, называемые “катализаторами”, которые происходят в химии минералов, напоминают ферментацию в отношении неразрушения агента, который служит посредником. Если раствор тростникового сахара, содержащий очень небольшое количество серной кислоты, вскипятить, тростниковый сахар “инвертируется”. Его заменяют смесью фруктового сахара и левулозы. Ферментный инвертин желудочного сока и кишечного сока производит сходный эффект; и точно так же, как инвертин остается неизменным, так и серная кислота содержится в смеси неизменной по природе и количеству после неограниченного инвертирования тростникового сахара. Раньше большое внимание уделялось сходству между ферментацией и катализом. В настоящее время показано, что каталитические действия не обязательно имеют ту же природу, что и ферментация, хотя результаты и, насколько видно, средства аналогичны. Например, тонкоизмельченная платина (или, лучше, палладий) вызывает объединение неопределенного количества кислорода и водорода. Реакция относится к категории катализаторов. Но она сильно отличается от ферментации. Металл вызывает конденсацию водорода и фактически поглощает его своим поверхностным слоем. В жидкой форме водород не может противостоять соединению с кислородом. Это можно назвать “физическим явлением”, принимая общепринятое различие между химией и физикой. Нет никаких оснований думать, что брожение можно объяснить таким простым способом. Однако они могут быть сгруппированы под обозначением “катализаторы”. Поскольку начальные условия и конечные результаты схожи, неизбежно, что ферментации и катализаторы должны подчиняться одним и тем же “законам” в отношении массового действия, скорости, эффекта накопления продуктов действия и т.п.; Но из этого не следует, что инвертин и серная кислота производят свои эффекты одинаковым образом. Ферментации являются примерами катализа, но не все каталитические действия являются ферментациями.

Современные химики далеки от того, чтобы останавливаться на сходстве между ферментацией и катализом химии минералов, и склонны рассматривать ферментацию, по сути, как реакцию жизни. При попытке представить идеи, которые являются новыми для мышления, очень трудно без двусмысленности адаптировать существующие слова. Было бы абсурдно говорить о веществе, удаленном из дрожжей, бактерий или кровяных телец с помощью процесса, который включает охлаждение жидким воздухом, измельчение с толченым стеклом, растворение в воде, осаждение абсолютным спиртом и растворение в воде, как о живом веществе. Однако, в отличие от любого известного минерального продукта, он легко уничтожается. Ферменты не разрушаются от холода, но их активность приостанавливается. Они наиболее активны примерно при температуре тела. Их активность уничтожается при нагревании их в растворе до температуры, при которой коагулирует альбумин, — чуть более 50 ° C. Хотя они не живые, их поведение очень напоминает поведение живой материи. Их можно получить только от живых существ. Они оказывают свое действие, даже несмотря на то, что присутствуют в почти бесконечно малом количестве. Провести химический анализ закваски практически невозможно, во-первых, из-за очень малого количества, доступного для анализа, и, во-вторых, из-за невозможности получения закваски в чистом виде существующими методами. Количество фермента, присутствующего даже в большой массе дрожжей или во многих фунтах слюнной железы или поджелудочной железы, чрезвычайно мало. Каким бы приготовленным оно ни было, в нем всегда присутствуют белковые вещества. Невозможно сказать, есть ли в

ферментах, как и в белках, тяжелые азотсодержащие молекулы. Тот факт, что они не способны к диффузии, предполагает, что они есть.

Было бы затруднительно называть брожение феноменом жизни; хуже того, определять жизнь как последовательность брожений. И все же можно с уверенностью сказать, что все химические изменения, осуществляемые живыми организмами, являются ферментацией. Ферментация и химия жизни - термины почти синонимичные.

Уже известно очень большое количество ферментов. У каждого есть своя специфическая работа: “К каждому ферментируемому веществу, как ключ к замку, подходит закваска”. Из того, что уже было сказано относительно нашей неспособности определить состав какой-либо закваски, следует, что мы не можем сказать, отличаются ли эти различные закваски друг от друга по химическому составу. Они классифицируются в соответствии с их действием, а не в соответствии с их природой. Те, которые накапливаются, называются “синаптазами” (συνάπτω, я объединяю); те, которые разлагаются, или гидролизуются, “диастазами” (διάστασις, разделение). Окончание “ase” добавляется к названию вещества, на которое действует закваска, за исключением случаев, когда другие термины уже стали настолько общими, что их нельзя заменить: амилаза, гидролизующий крахмал; сахараза, инвертирующий тростниковый сахар; протеаза, гидролизующий белки. К сожалению, в этой номенклатуре мало единообразия; термины “амилопсин”, “инвертин”, “пепсин” используются так же часто, как термины, оканчивающиеся на “ase”. В качестве отличительного окончания “in” или “sin” менее желательны, чем “ase”, из—за того факта, что оно уже было принято как окончание названий альбуминоидов - *например*, желатин, хондрин, муцин.

Различные ферменты - это вещества, которые протоплазма выделяет для определенных целей. Примитивно контакт с ферментируемым веществом определял природу фермента, предназначенного для выполнения задачи. Есть основания полагать, что протоплазма все еще сохраняет свою способность вызывать подходящую реакцию; можно привести случаи, когда замок, представленный протоплазмой, формирует обереги ключа. В таких случаях сбрасываемое вещество провоцирует образование закваски. Но, по большей части, в ситуациях, когда регулярно требуются определенные ферменты, протоплазма приобрела привычку производить именно такие ферменты, а не какие-либо другие. Клетки слюнных желез накапливают пталин, клетки желудочных желез накапливают пепсин в промежутках между приемами пищи.

Способность протоплазмы вырабатывать новый фермент, когда это необходимо, демонстрируется такими примерами, как следующие: Плазма крови содержит множество белковых веществ. Если к нему добавить раствор яичного белка, смесь получится прозрачной и однородной. Однако яичный альбумин воспринимается кровью как инородное тело, как яд. При введении в вены живого животного часть его выводится почками, часть разрушается в кровотоке. Если животному ввести несколько последовательных доз яичного альбумина (удобнее всего вводить его в брюшную полость), способность крови уничтожать незваного гостя значительно возрастает. Если теперь взять образец крови и смешать плазму или сыворотку с яичным альбумином, смесь перестанет быть прозрачной. Яичный альбумин выпадает в осадок. В крови животного, “подготовленной” таким образом, вырабатывается фермент, называемый “преципитином”, который выделяет яичный альбумин. Если вместо яичного альбумина, который, хотя и является инородным телом, сравнительно безвреден, животному ввести явно ядовитое вещество, первая доза, если она большая, окажется смертельной. Если, однако,

первая доза будет небольшой, а последующие дозы постепенно увеличиваются, животное приобретает способность переносить количество яда, намного большее, чем оказалось бы смертельным в первом случае. Классическим примером этого, поскольку это давало возможность непосредственно наблюдать под микроскопом разницу между “неподготовленной” кровью и кровью иммунного животного, является приобретение млекопитающим способности переносить инъекцию крови угря. Кровь угря содержит токсин, который разрушает красные кровяные тельца млекопитающего. Растворение кровяных телец можно наблюдать с помощью микроскопа. Если в организм кролика вводить последовательно увеличивающиеся дозы сыворотки крови угря, кролик приобретает способность сопротивляться действию токсина. Кроме того, сыворотка иммунного кролика, введенная кролику, который не был приготовлен, придает последнему иммунитет. Если смешать кровь подготовленного животного с кровью неподготовленного кролика и сывороткой угря и исследовать смесь под микроскопом, то будет видно, что красные кровяные тельца больше не растворяются. Иммунная сыворотка способна спасти кровяные тельца неподготовленной крови от разрушения. В ходе ее приготовления у кролика выработался антитоксин.

Если микробы дифтерии попадают в кровь лошади, первые инъекции вызывают выраженные симптомы лихорадки. После ряда инъекций лошадь становится полностью толерантной к вирусу. Мало того, что в ее крови вырабатывается достаточное количество антитоксина для защиты от токсина дифтерии, каким бы большим ни было количество, введенное в ее организм, но сыворотка подготовленной лошади, введенная под кожу ребенка, страдающего дифтерией, содержит достаточное количество антитоксина для уничтожения токсина, попавшего в кровь ребенка.

Можно привести еще много примеров такой способности вырабатывать “антитела” из протоплазмы. Лейкоциты крови постоянно приспосабливают свой химический состав к потребностям экономики. Можно предположить, что все ткани обладают способностью вырабатывать устойчивые ферменты; но лейкоциты (рис. 4) являются недифференцированными клетками, “служанками на все руки”. Они не специализировались на производстве пепсина или пепсина. Они не полностью отдались поднятию тяжестей, как мышцы, или передаче сообщений, как нервы.

Бактерии являются мировыми мусорщиками. В конечном итоге именно им принадлежит задача превращения органического вещества в соли, которые перерабатываются растениями. Цикл жизни был бы нарушен, если бы бактерии были подавлены. Как только животное падает, эти маленькие агенты начинают свою благотворную работу по разложению его туши в воздухе и почве. Птицы и насекомые могут прервать их работу. Они могут украсть части брошенного имущества, использовать их в качестве топлива или вставить себе между ребер. Но и они вскоре будут бездыханными лежать на земле; а бактерии всегда готовы завершить свою прерванную работу. Почему они должны ждать, пока произойдет небольшое изменение, важное для нас, но не имеющее большого значения для них, которое знаменует переход живой протоплазмы в мертвые белки? В составе протоплазмы нет ничего, что затрудняло бы ее расщепление, чем белок. Живой материи не присуще качество, которое делало бы ее устойчивой к распаду. Мы возмущены официозностью, которая побуждает бактерии проникать на корабль, пока он еще находится под полными парусами, с целью начать работы по уничтожению. Глубоко в наших умах заложено убеждение, что это противоречит законам Природы. Нас особенно раздражают многочисленные уловки, к которым прибегают бактерии,

чтобы скрыть свою личность. Бактерии почвы мы можем держать на должном расстоянии. Но бактерии ручья, бактерии молока, бактерии дыхания, которые выдадут нас поцелуем! Трудно признать, что они честно играют свою роль. От птиц и насекомых мы можем отбиваться руками. Наши невидимые враги повсюду. Они постоянно проникают через царапины на коже, через ссадины во рту, через поверхности кишечника, оставшиеся незащищенными из-за шелушения его эпителия. Но если мы постоянно открыты для нападения, нас охраняют мириады ревностных лейкоцитов, всегда готовых довести захватчиков до бессилия. Микробы, нашедшие вход, выделяют токсин. Лейкоциты отвечают антитоксином. Способность протоплазмы защищать себя абсолютно безгранична, если только ее не застать врасплох. Она может противостоять любому органическому яду, если ей дать достаточное время для выработки противоядия. Фермент панкреатического сока, трипсин, является ядом, который вряд ли попадет в кровь. При введении он приводит к катастрофическим результатам из-за своей огромной активности в переваривании белков. У животного, "подготовленного" путем введения последовательных доз трипсина, вырабатывается антитрипсин. Инъекция панкреатического сока больше не наносит ему никакого вреда. Ленточные черви, обитающие в кишечнике, купаются в панкреатическом соке; они постоянно подвергаются его пищеварительному действию. Они не перевариваются, потому что выделяют антитело, которое предотвращает развитие активности трипсина. Строго говоря, в данном случае это не антитрипсин. Это антикиназа, вещество, которое при извлечении из тел ленточных червей и добавлении в панкреатический сок делает его неспособным переваривать альбумин. Антикиназа не разрушает трипсин, но разрушает киназу, взаимодействие с которой важно для ее активности.

Протоплазма не только обладает способностью противостоять антиферментному действию любого фермента, который может оказаться вредным для ее собственной целостности; но и после того, как она однажды подверглась атаке, она продолжает защищать уязвимое место. Его тактика, надо признать, чем-то напоминает тактику смуглого воина, который во время своих первых уроков искусства бокса взял за правило прикрывать кулаком место, куда его только что ударили; но даже его способность помнить о своей последней ране имеет высшую ценность для человечества. До эпохи санитарной науки и даже в некоторых отсталых сообществах в дни ее благотворного правления условия, вызывающие болезни, не обязательно были исправлены сразу после окончания эпидемии. Скученные жители гетто постоянно подвергались воздействию микробов брюшного тифа, оспы, коклюша. Но после того, как их протоплазма однажды отреагировала на потребность в производстве антифермы, она либо продолжала в течение многих лет держать запас под рукой, либо держала рецепт в пределах легкой досягаемости. Память протоплазмы поразительна. Обычно говорят, что вакцинация обеспечивает абсолютную защиту на семь лет. Нет никаких сомнений, что иммунитет от оспы, который он вызывает, если он постепенно ослабевает, сохраняется на всю жизнь. Болезнь, если она поражает человека, который был вакцинирован в младенчестве, относительно безвредна.

Прививка, вакцинация - это метод мастера бокса по использованию инстинкта самозащиты смуглого воина. Зная, что его ученик еще долго будет прикрывать поврежденное место, он спрашивает себя: "Куда он, скорее всего, получит удар, когда дело дойдет до серьезного соревнования?" Затем он слегка похлопывает его по этому конкретному месту. Нужно ли ему знать, как защититься от оспы? Дайте ему коровью оспу. Есть ли вероятность, что он получит смертельный удар от брюшного тифа? Просто покажите ему, каково это - слегка встряхнуть. Научите его вырабатывать антитифозную ферментацию, вводя ему тифозный микроб в такой ослабленной форме, что он не сможет причинить ему никакого вреда.



Химия протоплазмы - наука, которая быстро развивается, или, выражаясь менее высокомерно и более корректно, наши знания о путях протоплазмы, химии, значительно расширились за последние несколько лет. Мы можем лишь наблюдать за работой протоплазмы. Наши так называемые эксперименты - это всего лишь окна, которые мы открываем в стенах его лаборатории. Мы не можем забрать работу из его рук. Методы химии минералов бесполезны в этом поиске знаний. И, естественно, чем дольше мы наблюдаем, тем больше деталей мы обнаруживаем в том, что поначалу казалось обобщенной процедурой. Мы признаем, что для проведения реакции, которая, как мы до сих пор полагали, протекает в одну стадию, требуется несколько манипуляций. Здесь не то место, чтобы давать отчет о предмете, который, согласно его применению, относится к области патологии. Но природа едина, на какие бы группы мы ни делили исследователей ее секретов. Мы попытались в общих чертах описать наблюдения, сделанные до настоящего времени, и представили результаты скорее для того, чтобы они пролили свет на способ приготовления ферментов, необходимых для удовлетворения потребностей нормального повседневного пищеварения и обмена веществ, чем с целью показать методы, с помощью которых протоплазма борется с болезнями.

Среди химических явлений жизни есть дыхание. **Дыхание** в этом самом общем смысле означает окисление. Сила, проявляющаяся в жизни, получается из соединения органических материалов с кислородом под руководством протоплазмы. Это верно как для растений, так и для животных. Это верно даже для подразделения бактерий, называемого анаэробным, потому что они не могут жить в воздухе. Они выделяют ферменты, которые позволяют им разлагать соединения, содержащие кислород, чтобы они могли использовать кислород для дыхания. Можно было бы предположить, что зеленые растения, получающие лучистую энергию от солнца, преобразуют эту энергию в силы, которые позволяют протоплазме проявлять явления жизни. Но это не так. Энергия, которую зеленые растения получают от солнца, используется для созидательного метаболизма, а не для поддержания жизни. Жизненная сила, если можно так выразиться, происходит от окисления веществ, которые солнечные лучи позволяют растению вырабатывать. Растение, как и животное, дышит. Различие между конструктивным метаболизмом растения и его дыханием может быть продемонстрировано поразительным образом путем введения ему достаточного количества анестетика, чтобы остановить первое, не останавливая второе. Он может быть парализован, но при этом не быть убитым. Если водоросль -потамогетон — наиболее удобна, заключенная в стеклянный колпак, наполненный водой и перевернутый над тарелкой с водой, помещается на солнечный свет, из растения поднимаются пузырьки газа. Они скапливаются в верхней части стеклянного колпака. Если газ удалить и проанализировать, то окажется, что это кислород с небольшой примесью углекислоты. Если второй стеклянный колпак, содержащий водяные водоросли, подвергнуть воздействию тех же условий во всех отношениях, за исключением того, что в воду добавлено небольшое количество хлороформа, количество газа, скапливающегося в верхней части стеклянного колпака, будет намного меньше. Будет обнаружено, что это углекислота без примеси кислорода. Способность хлорофилла разлагать углекислоту с фиксацией углерода и выделением кислорода приостанавливается анестетиком, тогда как дыханию это не препятствует.

Наконец, мы должны приписать протоплазме **способность к росту**. Активность протоплазмы зависит от постоянного молекулярного обмена. Она включает в себя молекулы пищи. Она выводит из организма молекулы отходов. Если пищи много, а “жизненных сил” много, организм поглощает больше, чем отдает. Он растет.

Если мы попытаемся сформулировать определение протоплазмы, то обнаружим, что наши идеи далеки от ясности из-за недостатка знаний. Вопросы "Что такое протоплазма?" Что такое жизнь? одинаково неопровержимы. Их определение взаимно. Протоплазма - это субстанция, материал, который проявляет жизнь. Жизнь - это комплекс явлений, проявляемых протоплазмой. Все части тела в своей степени живые. Ядро клетки живет так же, как и ее клеточное тело. Его капсула может быть менее живой, то есть менее вибрирующей, чем мягкое клеточное вещество, которое она окружает; но она живет. Так называемое межклеточное вещество, или матрикс, живое. В растущем хряще матрикс не ведет себя как мертвое вещество. Он не трескается и не раскрывается под давлением содержащихся в нем делящихся и размножающихся клеточных телец. Если бы окна в доме были наделены способностью самопроизвольно расширяться, стены были бы разрушены. Они бы выпирали, ломались, падали. Матрикс хряща оказывает такое же слабое сопротивление увеличению клеток, которые он окружает, как плазма крови размножению кровяных телец. Он растет вместе с клеточными телами и должен рассматриваться как разделенный на области, каждая из которых является периферией клетки. Мышцы живые. То же самое можно сказать о костях, зубах, волосах, ногтях. Но по мере того, как мы продвигаемся вовне, мы обнаруживаем, что качество жизненности становится все менее и менее очевидным, пока, наконец, мы не признаем, что оно неузнаваемо. Вибрации уменьшаются по амплитуде и скорости до тех пор, пока материал, из которого сделано тело, не станет казаться находящимся в состоянии покоя.

Биологи применяют термин "протоплазма" к *самому живому* веществу, из которого состоят растения и животные. Возможно, существует некая сущность, протоплазма. Возможно, в определенных ситуациях она существует в несмешанном состоянии. Возможно, степень жизнеспособности ткани или составной части ткани зависит от количества протоплазмы, которая в ней содержится. Тенденция протоплазмы располагаться в виде ретикулума, в ячейках которого накапливаются другие вещества, подтверждает такую точку зрения. Клетки более глубоких слоев кожи богаты им. Поверхностные слои состоят в основном из кератина. Возможно, что сеть раскрывается, и ее нити становятся все тоньше и тоньше по мере накопления кератина. Но невозможно продемонстрировать, что это так. Нет никаких полностью удовлетворительных оснований для вывода о том, что жизнь клетки кожи протекает в ее протоплазматической сети, в то время как ее кератин инертен.

Было предпринято много попыток доказать, что живые клетки содержат нечто, чего нет в мертвых клетках; но никаких доказательств, которые можно было бы проанализировать, в поддержку этого тезиса пока представлено не было.

---

## ГЛАВА III

### СТРУКТУРНАЯ ЕДИНИЦА

Сразу после своего открытия в семнадцатом веке составной микроскоп был применен для изучения мельчайших растений и животных, их органов и тканей. В связи с этим и для этой цели микроскоп неуклонно совершенствовался, пока почти не был достигнут предел совершенства.

Расчеты, основанные на физических свойствах преломляющих сред, показывают, что пределы помощи, которую они могут оказать глазу, очень близки к достижению. Одним из первых результатов применения микроскопа для изучения частей растений стало открытие их клеточной структуры. Роберт Браун, рассматривая кусочки пробки, увидел, что ее ткань разделена на отсеки. Трудно установить, кто именно первым употребил слово “клетка”. Сходство кусочка растительной ткани или поверхностного вида лепестка цветка с пчелиными сотами настолько поразительно, что такое же сравнение, вероятно, приходило в голову каждому, кто это видел. Дальнейшие исследования с использованием более совершенных инструментов показали, что клетки не пусты. Каждая клетка содержит клеточный сок, или клеточное вещество, а в центре клеточного вещества находится миниатюрная клетка, ядро. Поэтому натуралисты расширили значение этого термина. Клетка больше не была пространством с окружающими стенами; у нее было содержимое. Ядро неизменно было составной частью клетки. Клетка рассматривалась как анатомическая единица, состоящая из стенки, клеточного содержимого и ядра. В 1839 году Теодор Шванн, используя свой микроскоп для изучения тканей животных, признал сходство между животными и растениями. Он обнаружил, что животные также представляют собой скопления клеток. Он сформулировал **Клеточную теорию**. Философы всегда готовы к обобщениям. Это их дело. Видя, что огромное количество организмов представляют собой отдельные клетки, что они питаются, дышат, делятся и воспроизводят себе подобных - фактически, выполняют все жизненные функции — как изолированные клетки, они пришли к идее, что видимое растение или животное представляет собой сообщество клеток, каждая из которых сама по себе является организмом. Подобно тому, как пчелы являются единицами роя, как мужчины и женщины являются единицами государства, клетки - это единицы, которые ради взаимной защиты остаются связанными в многоклеточном организме. Физиологические или социологические аспекты этой концепции мы вскоре рассмотрим; но анатомическая основа клеточной теории была заложена без достаточной проверки фактов, на которых она основывается; или, скорее, следует сказать, что, хотя аксиома, провозглашенная Вирховым, когда он применял клеточную теорию к опухолям и другим патологическим новообразованиям, *Omnis cellula a cellula*, справедлива, приложения теории, которые сделали некоторые из ее более поздних представителей, не являются необходимыми следствиями.

Каждое растение, каждое животное начинает свое существование как отдельная клетка. Организм, который постоянно является одноклеточным, делится. Каждая из отдельных клеток, на которые она делится, представляет собой новую особь. Высшие растения выделяют определенные клетки в виде семян, которые со временем, после конъюгации с пыльцевыми зернами, превращаются в растения. Таким же образом яйцеклетки животных путем повторного клеточного деления воспроизводят вид. Особь начинается как отдельная клетка. Его сложное тело, состоящее из различных органов и различных тканей, формируется в результате размножения клеток. Каждая из бесчисленных клеток, из которых она состоит, имеет структуру одноклеточного организма и, следовательно, может считаться способной выполнять все различные функции. Но из этого не следует, что клетки сохраняют свою индивидуальность. Даже одноклеточные растения (например, необычные уксусные и коричневые грибы, миксомицеты) могут на какое-то время сливать свою индивидуальность в общую массу, образованную агрегацией множества клеток.

Клетки высших растений не всегда и даже не всегда анатомически различны. Их протоплазма, неотъемлемая часть каждой клетки, соединена с протоплазмой соседних клеток нитями,

которые пересекают клеточные стенки. Клетки соединительных тканей животных объединены в паутину, или синцитий. Это особенно заметно на ранних стадиях роста. Нервные клетки соединены между собой проводящими нитями (нейрофибриллами). Возможно, что нервные клетки и мышечные волокна, которые они иннервируют, с начала объединены нервными волокнами - что нервная клетка и мышечная клетка растут отдельно друг от друга, не разрывая эту нитевидную связь. Некоторые анатомы рассматривают нервную нить, соединяющую клетку центральной нервной системы с рядом мышечных волокон, расположенных, возможно, на большом расстоянии от нервной клетки, как мост, который никогда не разрушался в процессе клеточного деления и перемещения, превратившего одну примитивную клетку в нервную клетку и группу мышечных клеток. Мышечные волокна - это не отдельные клетки, а клеточные комплексы. Каждое мышечное волокно содержит десятки, в некоторых случаях сотни, ядер (Рис. 16). Это цилиндр длиной около 2 дюймов, в котором клеточное деление неполное. Сухожилия представляют собой пучки чрезвычайно тонких волокон, которые лежат бок о бок, как шелковые нити в мотке. Ряд клеток, из которых образуется сухожилие, подвергается неполному клеточному делению. Их ядра делятся, и для каждого ядра выделяется небольшое количество мягкого вещества. Остальная масса состоит из сросшихся клеток. Она представляет собой непрерывный стержень, который по мере роста становится фибриллированным. Растительные клетки разделены клеточными стенками. Клетки животных имеют тенденцию к развитию промежуточных перегородок; но перегородки настолько толстые, что их больше нельзя назвать стенками. В хряще клеточные тела встроены в огромную массу межклеточного вещества, или матрикса. В этом межклеточном веществе могут происходить сложные процессы. В нем могут появляться эластичные волокна, образующие эластичный хрящ, как в случае с надгортанником. В этих различных случаях, хотя совершенно верно, что ткани образуются в результате клеточного деления, клетки, строго говоря, не являются отдельными единицами. Они не полностью отделены одна от другой. Невозможно распознать их анатомические границы.

Но существует гораздо более серьезная трудность в применении клеточной теории — трудность решить, каковы основные части клетки. Давным-давно было признано, что многие клетки животных — например, белые кровяные тельца - не имеют клеточной стенки. Поэтому было решено, что тело клетки и ядро являются единственными существенными частями. Но что можно сказать о красных кровяных тельцах млекопитающих? (Рис. 4). Являются ли они клетками? У них нет ни клеточных стенок, ни ядра; их вещество также не представляет структуры, которая обычно ассоциируется с “телесной субстанцией” клеток. Они образуются, если верить точке зрения, которой придерживаются многие гистологи, не в результате клеточного деления в обычном смысле этого термина, а появляются в виде пятен, постепенно разрастающихся в диски внутри тела кроветворной клетки. Диски вытягиваются, когда достигают своих полных размеров. Однако ткань, кровь, состоит из этих кровяных дисков и промежуточного вещества - плазмы крови. Кровь млекопитающих могла бы быть отвергнута как неклеточный жидкий секрет, содержащий форменные элементы, если бы не ее история. У всех животных ниже млекопитающих красные тельца представляют собой клетки с ядрами и клеточными телами. Отсутствие ядер у млекопитающих связано с признанием Природой того факта, что, поскольку клетки крови никогда не будут призваны делиться, обеспечивать каждую из них ядром - пустая трата материала. Ядро не только стало бы бесполезным, но и заняло бы место, уменьшая способность тельца переносить гемоглобин. В результате процесс клеточного деления замедляется. Правда, есть и другие способы взглянуть на эту проблему. Клетки,

выстилающие кровеносные сосуды, находятся в некой питательной связи с кровью. Когда клетки, выстилающие кровеносные сосуды, повреждаются или воспаляются, кровь сворачивается. Но здесь опять-таки несколько натянуто утверждать, что эти выстилающие клетки являются клетками крови, а кровь - своего рода межклеточным веществом; тем более что следовало бы провести различие между млекопитающими с безъядерными кровяными тельцами и птицами с полноценными кровяными клетками.

Физиологу, если он хочет быть уверен в своей правоте, необходимо знать мельчайшие детали анатомии тела, а также анатомию невооруженным глазом. Но что есть такого, чего ему не нужно знать? Он должен быть химиком, физиком, биологом, патологоанатомом и экспертом в различных других областях науки. Микроскопическая анатомия, или гистология, как ее обычно называют, будет использоваться в этой книге только тогда, когда она сможет предоставить доказательства, непосредственно относящиеся к физиологическим проблемам. Мы довольно подробно остановились на клеточной теории, потому что физиологу нужны отправные точки. Ему необходимо иметь в своем уме представление о фундаментальной структуре организма. Протоплазма - это живой материал. Мы начинаем с протоплазмы, хотя нашу концепцию протоплазмы так трудно сформулировать, что мы вынуждены признать, что, используя этот термин, мы почти виновны в игре словами. Протоплазма - это самое живое вещество. Наиболее живое вещество всегда представляется нам как несовершенно прозрачный, вязкий материал, который, как показывает анализ, содержит большое количество определенных белков, смешанных с различными органическими и неорганическими соединениями. Протоплазма организована в клетки или распределена между ними, которые в любой данной ткани имеют довольно однородный размер. Что определяет размер клеток? Вообще говоря, клетки маленькие — скажем, около  $0 \cdot 01$  миллиметра в диаметре. На ранних стадиях роста деление клеток происходит, как только клетка достигает примерно такого размера. Казалось бы, при избытке питательных веществ клетки добавляют к своей протоплазме больше, чем теряют. Достигнув определенных размеров, при которых условия, наиболее удовлетворительные для клеточной жизни, достигают своего предела, происходит клеточное деление. Большая капля распадается на две капли поменьше, каждая из которых растет быстрее, чем большая в то время, когда она начала делиться. Но если существует оптимальный размер для целей питания, то во многих случаях это ограничение отменяется по разным причинам. Возьмем в качестве примера саму яйцеклетку. Он намного больше, чем клетки, на которые он делится. Желток куриного яйца при первом образовании представляет собой единственную клетку. К моменту откладывания яйцеклетки деление клеток уже началось. В эмбрионе есть клетки, превышающие средние размеры — необъяснимые “гигантские клетки”, которые появляются в печени, как только ее можно распознать как таковую (*ср. с. 65*). Они исчезают из печени, но какое-то время проявляются в селезенке. Крупные клетки, обнаруженные в костном мозге, некоторые с большим одиночным ядром, другие, содержащие множество отдельных ядер, также показывают, что фиксированного предела размера не существует. Обычно считается, что гигантские клетки костного мозга — или, во всяком случае, многоядерные — это лейкоциты, которые участвуют в выкапывании кости; поглощают твердую ткань на внутренней поверхности полого цилиндра, чтобы за счет отложения нового материала снаружи цилиндра можно было увеличить размер всей кости — лейкоциты, прикрепляющиеся к кости, которая из-за нарушения ее кровоснабжения разрушается. У них нет времени делиться. Питание в избытке. Несмотря на то, что они слишком велики для поддержания активного уровня клеточной жизни,

они продолжают расти, откладывая процесс клеточного деления до тех пор, пока запасы питательной пищи не начнут иссякать.

Наиболее заметные различия в размерах можно обнаружить среди клеток нервной системы. Одним из наиболее отличительных признаков нервной ткани можно считать то, что ее клетки не имеют фиксированных или стандартных размеров. Нервная клетка вступает в связь с другими нервными клетками и с мышечными волокнами посредством ответвлений, или клеточных отростков, как их называют. Клетки могут быть шаровидными, как в симпатической системе, или звездообразными. Каждая клетка выделяет определенное количество отростков, которые делятся подобно ветвям дерева, и один процесс, который может проходить очень большое расстояние без деления. Этот последний нитевидный отросток обеспечивает связь либо с отдаленной частью центральной нервной системы, либо с мышечными волокнами, которыми он управляет. С помощью такой нити клетка спинного мозга может быть соединена с мышечными волокнами кисти или стопы. Нить на самом деле представляет собой пучок нитей (нейрофибрилл), которые отделяются, питая ряд мышечных волокон. По всей своей длине она является частью клетки, из которой берет начало. Размер клетки зависит от количества нитей в этом пучке (называемом "аксоном") и, возможно, также от их длины. Отсюда следует, что нервные клетки могут быть одними из самых маленьких, а могут и самыми большими в организме. Так называемые "гранулы" коры мозжечка и всего головного мозга почти такие же маленькие, как красные кровяные тельца (рис. 23). Каждый из них имеет пяти- или шестиминутные разветвленные отростки и чрезвычайно тонкий аксон. Крупные клетки коры головного мозга, которые посылают свои аксоны далеко вниз по спинному мозгу, и крупные клетки спинного мозга, которые снабжают мышцы тела, имеют диаметр в десять-двенадцать раз больше диаметра гранулы. Но еще крупнее нервные клетки, которые снабжают электрические органы торпеды и других электрических рыб (с. 295); и самыми крупными из всех являются клетки, которые иннервируют любопытные "удочки" странной рыбы-удильщика (*Lophius piscatorius*). Из-за их неправильной формы трудно сказать, насколько велики эти клетки, но они видны невооруженным глазом.

Анатомической единицей строения является клетка. Клетки - это кирпичики, из которых построено тело. Некоторые из них большие, другие маленькие, как и подобает той роли, которую они играют в построении тела. Если ткань представляет собой просто поддерживающую ткань, соединительную ткань, хрящ, кость, то ее клетки однородны по размеру и малы. Если у него есть функции, для выполнения которых в одних случаях лучше всего подходят маленькие ячейки, в других - большие, то размеры ячеек адаптируются к той работе, которую им приходится выполнять. Из различных видов блуждающих клеток некоторые — например, костеобразующие клетки (остеобласты) - мелкие; другие — клетки, поедающие кости (остеокласты), — относительно крупные. Нервные клетки, как и телефонные станции, бывают большими или маленькими в зависимости от размера области, которую каждая из них обеспечивает.

Все животные сложной организации, от морских звезд и ежей до Человека, населены **подвижными клетками**. В дополнение к кирпичикам, которые входят в конструкцию его ткани, каждый из которых закреплен на своем месте и определенно соединен со своими соседями, животное содержит лейкоциты, которые блуждают по его тканевым пространствам или плывут по потокам лимфы или крови. Мы склонны говорить об этих странниках как об обитателях тела, чтобы отличать их от элементов, которые входят в конструкцию их жилища. Трудно избежать

соблазна описать тело как жилище. Каким бы аллегорическим ни казалось аристотелевское различие между телом и душой — между жилищем и тем, что населяет, — в сравнении с точным языком современной науки, это избавило бы от многих перифразов, если бы мы по-прежнему использовали односложное слово “душа”. Неподвижные ткани составляют единство, связанное нервами. Работа желез и мышц выполняется в ответ на указания, передаваемые нервами. Невозможно сказать, где прекращается контроль над нервами - указать на какую-либо неподвижную ткань, которая не скоординирована с другими тканями и не восприимчива к влиянию окружающей среды, действующей на центральную нервную систему через органы чувств. Фиксированные ткани составляют жилище для “души”. Они участвуют в общей жизни. Блуждающие клетки так же независимы от контроля, как паразиты, которые время от времени находят вход в тело. У каждой должна быть своя душа в смысле Аристотеля. Подобно паразитам, они выполняют все функции питания, дыхания, деления клеток, не обращая внимания на потребности фиксированных тканей. Они берут то, что им требуется, из лимфы, когда она покидает кишечник, нагруженный продуктами пищеварения; они берут это из лимфы в тканевых пространствах; они берут это из крови. Когда не хватает питательных веществ или кислорода, они не разделяют лишений неподвижных тканей. Лишь косвенно их благополучие зависит от состояния тела в целом; только случайно смерть тела становится причиной их смерти. То же самое можно сказать и о таких паразитах, как “кровососы” в Египте или трипаномы (причина “сонной болезни”) в Экваториальной Африке. Иногда при редком заболевании лимфоцитемия лейкоциты чрезвычайно размножаются, по-видимому, не в ответ на необходимость их присутствия в большом количестве, а вопреки потребностям экономики и с пагубными результатами. Будут часто упоминаться незаменимые услуги, которые оказывают блуждающие клетки. В данной связи, и пока мы ищем принципы построения тела животного, было бы желательно, если бы мы могли это сделать, определить состояние блуждающих клеток. Если бы они проникали в тело извне, они были бы паразитами симбионтного типа, незваными гостями, которые разделяют пищу и кров тела в обмен на услугу. Но они не проникают извне. Это клетки растущего организма, которые, отделяясь от клеток, формирующих ткани, ведут бродячий образ жизни. Их нельзя распознать в эмбрионе до тех пор, пока развитие не достигнет значительного прогресса. Их происхождение далеко не ясно, но гистологи полагают, что, хотя они и не распознаются как блуждающие клетки на самых ранних стадиях роста, они, или, скорее, их родительские клетки, выделяются очень рано. Вероятно, они образуются не в самом эмбрионе, а во “внеэмбриональной области”, из которой они проникают в эмбрион. В этом смысле они проникают извне. Но, в конце концов, экстраэмбриональная область наравне с эмбрионом является продуктом яйцеклетки. Рассматривая тело в целом, мы распознаем общую жизнь, душу в смысле Аристотеля, которая обитает в структуре фиксированных тканей; и в то же время мы видим множество независимых клеток, каждая из которых сама по себе является организмом, полученным, подобно эмбам, из подобных независимых клеток путем клеточного деления, поглощающих жидкости организма, поглощающих вторгшиеся микробы и фрагменты разлагающихся тканей, умирающих, распадающихся и, в свою очередь, поглощаемых. Блуждающие клетки автономны в самом широком смысле этого слова.

Все многоклеточные растения и животные образовались в результате деления примитивно единственной клетки, сегменты которой остаются в контакте. По мере того как поднимается шкала жизни, клетки, скопившиеся вместе в теле, будь то растения или животного — мы все еще не можем подобрать другого слова, кроме “тело”, для обозначения этого явления в целом, — имеют тенденцию все больше и больше различаться по внешнему виду. Некоторые из них



большие, другие маленькие. У некоторых есть клеточные стенки, у других их нет. Некоторые остаются “протоплазматическими”; другие в значительной степени состоят из “метоплазмы”. Требуется более точные термины для обозначения “наиболее живого вещества” и “менее живого вещества” соответственно. Было бы легко подобрать подходящие слова, но, увы! терминология физиологии уже безнадежно перегружена, и маловероятно, что плохое слово умрет, когда вместо него появится хорошее. Различия в структуре указывают на различия в функциях. Установилось разделение труда. Клетка начинается со способностей для каждой функции. Ее особая ситуация делает желательным развитие одной способности в ущерб остальным. Она специализируется в определенном направлении. Если его поместить в центр тела на пути кровеносных сосудов, которые доставляют эмбриону пищу и кислород от матери, у него разовьется большая способность к поглощению пищи. Он накапливает в своем веществе огромное количество питательных веществ, которые он не может употребить, удерживает их и по мере необходимости передает в кровоток. Так формируется печень. У эмбриона он достигает больших размеров, равных примерно половине всего веса тела; но является ли запасание пищи его главной функцией на этой стадии или другие особые функции, за которые он отвечает, не менее важны, остается вопросом для дальнейших исследований. В последующей жизни его основной работой является хранение продуктов питания. После рождения, когда ребенок сам готовит себе пищу с помощью процессов переваривания в желудке и кишечнике, кровоснабжение печени изменяется настолько, что кровь из органов пищеварения проходит через нее. Сейчас и на всю оставшуюся жизнь печень является хранилищем пищи, кладовой организма. Это резервуар, из которого запасы распределяются по мере необходимости. Клетка печени сохраняет многие примитивные признаки. Он мягкий и лишен оболочки. Но под микроскопом она проявляется, если только ее не взять у голодающего животного, в отличие от любой другой клетки (рис. 7). В нем всегда много гликогена. Иногда он также содержит жировые шарики. Это, пожалуй, самый простой из всех примеров функциональной специализации. Амба может поглощать пищу. Предположительно, она всегда поглощает столько, сколько может получить, простой закон роста при делении клеток делает невозможным получение ею слишком большого количества. Клетки печени, которым посчастливилось оказаться на пути, по которому пища попадает в организм, сохраняют аппетит млекопитающего, но теряют способность к росту и клеточному делению. Они возвращают в кровоток, когда в нем не хватает пищи, запасы, которые они забирали, когда пищи было в избытке.

Специализация клеток железы противоположна по своему характеру специализации клеток печени. Она потребляет не больше пищи, чем ей требуется, но она развила в себе огромную способность вырабатывать из пищи вещество, которое, без сомнения, было бы необходимо для ее собственных целей, будь это изолированная клетка, но которое клетка железы ставит на службу организму в целом. Амба может переваривать белковые вещества. Клетка поджелудочной железы вырабатывает фермент, необходимый для переваривания белков, и выделяет его в пищеварительный канал.

Возьмем другой пример специализации. Амба реагирует на стимуляцию изменением своей формы. Она сжимается в одном направлении, расширяется в другом. Мышечное волокно развило способность к сокращению за счет всех других функций. В процессе своего роста оно превращается из круглой клетки в вытянутую. Удлинение происходит в том направлении, в котором он действует с наибольшей эффективностью. Его клеточное вещество очень специализировано для того, чтобы обладать максимальной способностью к сокращению в этом направлении.



Сенсорные клетки максимально развивают способность реагировать на внешнюю силу; нервные клетки - способность проводить импульсы, генерируемые в сенсорных клетках. Тело - это республика, в которой каждый гражданин развивает в высшей степени способность делать то, что для него желательно в его положении.

Возможность изолированной клеточной жизни и необходимость клеточного деления в определенных пределах заставили биологов слишком много размышлять о независимости отдельных клеток, из которых состоит организм. Протоплазма организуется в клетки, но клетки не обязательно анатомически различны. Они могут быть частично отдельными элементами синцития, или могут быть лишь слабейшие следы разделения клеток. Возражение против рассмотрения клеток как изолированных, самодостаточных единиц не выдерживает критики в той же степени, если рассматривать их с физиологической точки зрения. Клетка - это административная область. В целях питания, дыхания и деления клеток она автономна. Она отвечает за свои собственные локальные дела. Если от нее отрезать часть, эта часть теряет свою жизнеспособность; таков, по крайней мере, вывод, сделанный из атрофии аксонов нервов, когда они отсекаются от клеток, вершинами которых они являются. Очевидно, что под "клеткой", говоря об отсечении части, мы должны понимать ту часть клетки, которая сохраняет ядро; хотя мы должны быть осторожны, чтобы не придавать слишком большого значения ядру как центру клеточной жизни. Красные кровяные тельца, как уже указывалось, не имеют ядер, и все же они живут. Рост клеток, оцениваемый простым увеличением в размерах, не зависит от ядра. Многие клетки кожи и ее придатков значительно увеличиваются после того, как в ядре появляются изменения, которые ясно указывают на то, что оно далеко продвинулось в направлении распада. Но увеличение протоплазмы, рост клеток в законном смысле и особенно клеточное деление зависят от наличия активного ядра. Таким образом, хотя гистологи больше не формулируют клеточную теорию в тех ограниченных терминах, в которых она была сформулирована несколько лет назад, они по-прежнему рассматривают клетку как структурную единицу и функциональную единицу. Тело построено из клеток, и все, что делается организмом в целом, делается его отдельными клетками.

---

## ГЛАВА IV ЖИДКОСТИ ОРГАНИЗМА

От одной четвертой до одной трети всего тела занимает жидкость. Если рассматривать кожу как непроницаемый для воды мешок, то три четверти или даже меньше ее содержимого - твердое, одна четвертая - жидкое; и даже ее внешне твердое содержимое, ткани, содержат много воды. Вода является важным компонентом протоплазмы. Она также присутствует в клеточном соке. Приведенная выше оценка не включает жидкость внутри клеток, а только жидкость, которой омываются клетки. В общем смысле эта внеклеточная жидкость, за исключением крови, называется **лимфой**. Она занимает пространство тонкой "соединительной ткани", которая соединяет или разделяет — термины одинаково уместны — мышцы, нервы, железы и другие ткани специального назначения. Нигде, кроме, в некотором роде, селезенки, кровь не соприкасается с клеткой. Лимфа, которая более или менее окружает их, является ванной, из

которой клетки получают пищу и кислород, в которую они выделяют углекислоту и тканевые отходы. Сеть лимфатических пространств пронизана капиллярными кровеносными сосудами, стенки которых состоят из уплощенных клеток соединительной ткани. О таких клетках обычно говорят как об элементах "эндотелия". Подобно тому, как эпителий покрывает поверхность тела, эндотелий выстилает его полости. Эндотелиальные клетки представляют собой тонкие чешуйки или плитки с извилистыми границами, вложенные одна в другую. О том, что плитки, образующие стенки капиллярных сосудов, не сцементированы друг с другом в каком-либо собственном смысле, свидетельствует легкость, с которой белые кровяные тельца, лейкоциты, своими амебоидными движениями раздвигают их, когда они прокладывают себе путь из кровотока в тканевые пространства, или *наоборот*. Они оказывают лейкоцитам не большее сопротивление, чем пара занавесок, висящих перед дверью, оказывают ребенку. Однако до тех пор, пока эндотелиальные клетки живы, они сохраняют свое расположение так близко друг к другу, что образуют сплошную мембрану, которая отделяет кровь от лимфы. Они всегда расположены достаточно близко друг к другу, чтобы предотвратить выход красных кровяных телец из капиллярных сосудов; но их сопротивление прохождению различных компонентов плазмы сильно различается. Мембрана, которую они составляют, является более полной и менее проницаемой, или менее полной и более проницаемой, в соответствии с природой окружающих ее тканей и их различными потребностями. Кровеносные сосуды печени можно описать как фильтры. Предотвращается попадание красных кровяных телец в лимфатические сосуды, но они практически не оказывают сопротивления плазме. Плазма — "лимфа", как ее называют, как только она оказывается вне кровеносных сосудов, — проходит через стенки капилляров печени в неизмененном виде. Там, где они проникают в железы (кроме печени), мышцы, кожу и различные другие структуры, стенки капиллярных сосудов, практически не оказывая сопротивления воде и диффузионным солям, которые могут проходить через мембраны, препятствуют переходу белковых веществ из крови в лимфу, за исключением крайне малых количеств. Таким образом, автоматически поддерживается идеальный баланс. Вода и соли поступают по мере необходимости. Но они никогда не выводятся в избытке, потому что кровоток, содержащий белок, имеет тенденцию удерживать их в себе благодаря той же силе притяжения, которая позволяет ему всасывать окисленные продукты, выбрасываемые тканями в лимфу. Все, что нужно ткани, она получает из лимфы. Предположим, что формируется кость. Большое количество извести и фосфатов необходимо для кальцификации хряща, из которого она сформирована. Хрящ поглощает известь и фосфаты из лимфы, которая омывает его. Соли извести и фосфаты немедленно начинают диффундировать из крови в лимфу. Ускоренный кровоток доставляет дополнительные запасы из стенок кишечника, продукты переваренного молока и другие пищевые продукты. Лимфа содержит (хотя и не в тех пропорциях) все, что содержится в крови. В мире экономики можно найти множество аналогий, хотя ни одна иллюстрация не была бы достаточно полной. Из лимфы ткани берут топливо, в котором они нуждаются, кислород, с помощью которого его сжигают, пищу для собственного восстановления, сырье для своих искусств. В нее они выбрасывают свой дым, свои стоки, шлак и отбросы своих фабрик. Кровь заменяет запасы по мере их исчезновения. Она поглощает все отходы. Лимфа заполняет улицы, рыночные площади, проходы, коридоры. Кровоток - это замкнутая система, текущая по улицам и через рыночную площадь, по своему нескончаемому пути из порта и шахты на открытый воздух и в открытое море. Из пищеварительного тракта он усваивает пищу и топливо; легкие снабжают его кислородом и рассеивают углекислоту; почки очищают его от негазообразных отходов.

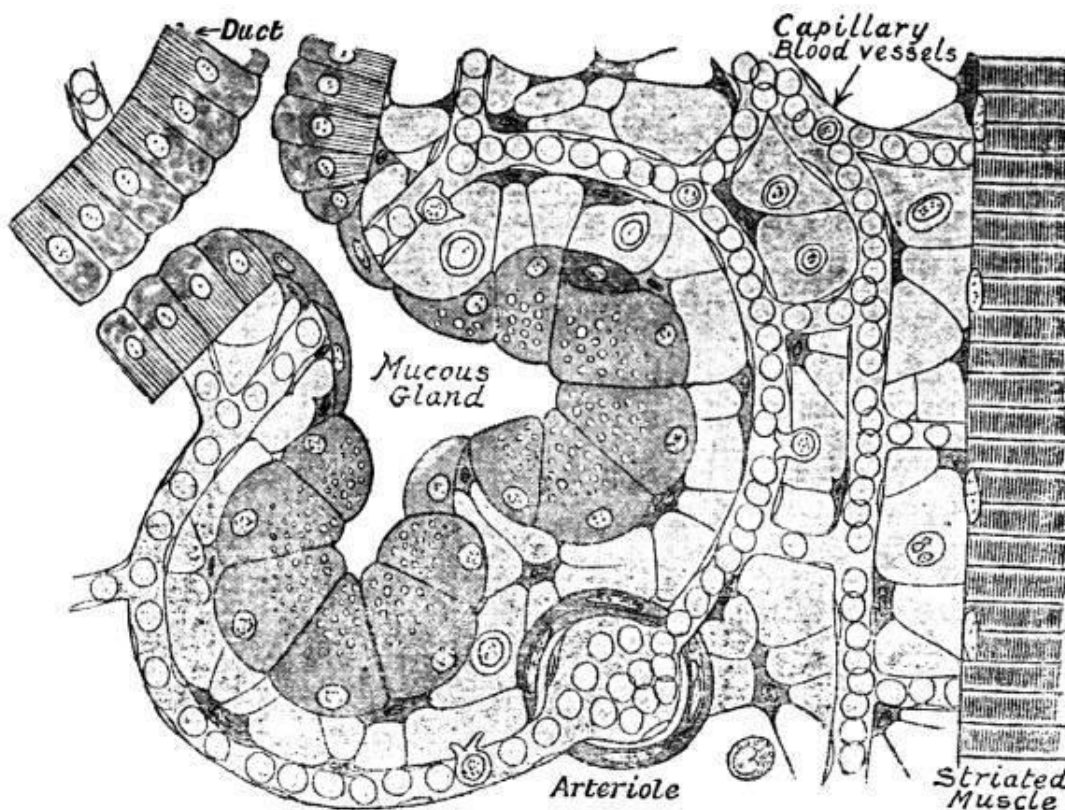


Рис. 3. Проток и два ацинуса слюнной железы рта с продольно разрезанным мышечным волокном; Капиллярные кровеносные сосуды и соединительная ткань.

Звездчатые клетки соединительной ткани образуют лабиринт сообщающихся лимфатических пространств, которые отделяют клетки желез и мышечные волокна от стенок капиллярных кровеносных сосудов. Капилляры содержат круглые красные кровяные тельца и лейкоциты с ядрами. Некоторые лейкоциты протискиваются либо из капилляра в лимфатическое пространство, либо *наоборот*. В лимфатическом пространстве внизу рисунка виден зернистый лейкоцит.

Легкость, с которой компоненты крови попадают в лимфу, а компоненты лимфы - в кровь, зависит от состояния стенок капиллярных сосудов. Вода и растворенные в ней вещества могут проходить через стенку капиллярного сосуда любым из трех способов — путем фильтрации, осмоса или секреции. Фильтр представляет собой пористый барьер, который позволяет воде и всем веществам, растворенным в воде, проходить через него. Раствор проходит через него без изменений по составу. Задерживаются только твердые частицы. Скорость, с которой жидкость проходит через фильтр, зависит от разницы между давлением с одной стороны и давлением с другой. Мембрана не позволяет осуществлять фильтрацию. Вода и растворенные в ней вещества проходят через нее путем осмоса. Некоторым вещам она не позволит пройти; таким, например, как камедь, муцин, яичный белок. Другим она оказывает сопротивление в разной степени. Большинство веществ, которые могут диффундировать через мембрану, способны к кристаллизации; но мембрана осуществляет некоторый контроль над прохождением даже кристаллизующихся веществ, находящихся в растворе. Если мембранную пробирку, содержащую воду, в которой растворены белки, сахар и различные соли, подвесить в таз с чистой водой, белки останутся в пробирке; сахар и соли пройдут через ее стенку в окружающую

воду. Но они проходят с разной скоростью. Соли с малой молекулярной массой проходят быстрее, чем те, молекула которых тяжелая. Через некоторое время устанавливается состояние равновесия. Из пробирки больше не выходит солей. Если теперь проанализировать содержимое пробирки и тазика, то окажется, что пробирка содержит все белки, немного сахара и немного каждой из солей, хотя и не в тех пропорциях, в которых они присутствовали в начале эксперимента. Вода в тазу содержит немного сахара и немного каждой из солей, но не в тех пропорциях, в которых они содержатся в тубике. На самом деле, на единицу объема с каждой стороны мембраны — в трубке и в резервуаре — присутствовало бы одинаковое количество молекул. В этом отношении процентный состав двух растворов был бы одинаковым. Но поскольку некоторые молекулы тяжелые, а другие легкие, вес солей, который содержался бы в единице объема раствора в пробирке, не совпадал бы с весом солей в единице объема раствора в резервуаре. Мембрана оказывает различающее действие на вещества, которые проходят через нее. Секреция — это скрытый осмос. Это может быть даже скрытая фильтрация. Клетка железы (например, амба) поглощает вещества и выделяет их, не обращая внимания на их осмотический эквивалент. Кажется, что она осуществляет выбор. Кажется, что он действует вопреки законам как фильтрации, так и осмоса. Так, по крайней мере, нам кажется, когда мы смотрим на результат в неведении о том, что произошло внутри живой клетки. Переход из крови в лимфу и *наоборот* через стенку капиллярного сосуда в определенных ситуациях или в определенное время является простым процессом фильтрации; в других случаях это процесс ограниченной фильтрации. Если стенка ведет себя как идеальная мембрана, это процесс диффузии, или осмоса. В любом случае, кажется излишним рассматривать его как процесс секреции. Чем шире расширены капилляры, тем меньшее сопротивление они оказывают экссудации. Чем уже их калибр, тем больше они препятствуют выходу жидкости. Когда кожа ладони недостаточно толстая, чтобы защитить мягкие ткани под ней от вредного воздействия длительного давления весла или топора, капиллярные сосуды под кожей расширяются; вытекает больше лимфы; кожа вздувается в виде волдыря. То же самое происходит, когда капилляры расширяются и парализуются обжигающей водой. Жидкость в волдырях имеет почти такой же состав, что и плазма крови, за исключением того, что в ней содержится меньше белкового вещества. Эти результаты можно рассматривать как чисто механические — прямое воздействие давления или тепла на мембранозную стенку капилляра. Но "жизненно важный" элемент важнее. Способность эндотелия действовать как барьер зависит от состояния его питания — его жизненной целостности, как это можно было бы назвать; что, без сомнения, в конечном итоге означает его химическую связь с жидкостями, которые его омывают. Время от времени на коже образуются пузырьки, похожие на волдыри — герпес, который появляется во рту; крапивница, которая встречается чаще; и различные другие кожные заболевания. Часто можно проследить связь между этими высыпаниями и употреблением определенной пищи. Приступ крапивницы нередко возникает при употреблении в пищу омаров, мидий, пирогов с рукколой или некоторых других продуктов диетического питания. Разные вещи — например, протухшая рыба — могут производить тот же эффект; но у моллюсков особенно дурная репутация. Если в кровь животного ввести экстракт омара или мидий, количество лимфы, выходящей из крови, заметно увеличивается. Экстракт действует как яд на эндотелий стенок капилляров. Это увеличивает его проницаемость во всех условиях, при которых лимфа выходит из кровотока в чрезмерном количестве или выводится быстрее, чем всасывается; нарушается питательное состояние эндотелия. Его необычная проницаемость, без сомнения, частично обусловлена расширением капиллярной трубки, растяжением ее мембранозной стенки; но это

также связано с уменьшением энергии эндотелиальных клеток. Они в определенной степени утратили способность удерживать свои края в идеальном положении.

Когда кровообращение замедляется из-за неэффективности сердца, ткани становятся отечными. Другими словами, лимфа скапливается в тканевых пространствах. Когда на кожу здорового человека надавливают, она возвращается в свое естественное положение, как только давление снимается. Если есть склонность к водянке — веками термин “гидропсия” был таким привычным, — то при надавливании на кожу палец оставляет за собой ямку. Проходит некоторое время, прежде чем лимфа в соединительнотканной губке восстанавливает ее поверхность. Чрезмерный отток лимфы из крови или недостаточный ее возврат в кровь также могут быть результатом препятствия кровотоку в магистральных венах. При варикозном расширении вен ног тяжесть столба крови в расширенных сосудах препятствует ее циркуляции. После стояния ткани вокруг лодыжки становятся отечными. Отек исчезает в положении лежа. Затвердение (цирроз) печени препятствует циркуляции крови, которая поступает в нее через воротную вену от стенок пищеварительного тракта. Капилляры желудка и кишечника расширены. Лимфа скапливается в брюшной полости, вызывая асцит, другую форму водянки.

Почти безнадежно пытаться разобраться в различных факторах, нарушающих баланс между кровью и лимфой — избыточном оттоке крови, недостаточном притоке лимфы, растяжении эндотелия капилляров, несовершенном питании и, как следствие, несовершенном расположении эндотелиальных чешуек, повышенной проницаемости чешуек. Экссудация, сопровождающая воспаление, по-видимому, вызвана снижением жизнеспособности эндотелия, а не механическим фактором, таким как повышенное кровяное давление в капиллярах и их последующее расширение. Асцит, по-видимому, является чисто механическим результатом сопротивления, оказываемого прохождению крови через печень; но плеврит, скопление лимфы в пространстве между легкими и грудной стенкой, нельзя объяснить таким же образом. Нет чрезмерного давления на сосуды, по которым кровь циркулирует через воспаленную плевру (обволакивающую оболочку легких и выстилающую оболочку грудной клетки), однако стенки капилляров не в состоянии поддерживать надлежащий баланс между кровью и лимфой.

До сих пор мы говорили о лимфатической системе как о лабиринте сообщающихся пространств, содержащих застойную жидкость, которая поддерживается в надлежащем состоянии за счет выхода и поступления в кровь. Такая мысленная картина в основном верна. Но система осложнена наличием лимфатических сосудов. Клетки соединительнотканной губки располагаются бок о бок. Они уплощаются, превращаясь в эндотелиальные чешуйки. Границы чешуек смыкаются. Они образуют лимфатические каналы, более широкие, чем кровеносные капилляры, но строго сопоставимые во всех других отношениях. Лимфатические капилляры объединяются в более крупные сосуды. Более крупные сосуды соединены поперечными ответвлениями; они образуют сплетения. Их стенки укреплены волокнистой тканью. Подобно венам, они в изобилии снабжены клапанами, которые препятствуют любой тенденции к обратному току содержащейся в них жидкости. Лимфатические сплетения окружают более крупные кровеносные сосуды и сопровождают их. Они расположены на поверхности мышц и железистых тканей. Их много под кожей. Почти три столетия назад лимфатические сосуды брыжейки, которые собирают продукты пищеварения, особенно жир, со стенок пищеварительного тракта, были распознаны по молочности их содержимого после еды. По этой причине их называли “млечными железами”. Другие лимфатические сосуды из-за их прозрачных

стенок и бесцветного содержимого увидеть нелегко, но в них легко вводят ртуть или другие жидкости, которые делают их заметными. В верхней части бедра, в подмышечной впадине или на шее они достаточно велики, чтобы в них поместилось гусиное перо. Те, которые находятся на нижних конечностях, внутренних органах и стенках брюшной полости, сходятся к сосуду, расположенному перед позвоночным столбом. Хилевый сосуд продолжается вверх в виде грудного протока, по которому лимфа поступает в крупные вены левой стороны шеи и левой руки как раз в том месте, где они соединяются.

Грудной проток обеспечивает отток лимфы из внутренних пространств тела. Циркуляция лимфы отсутствует. Лимфа из печени и кишечника постоянно стекает в грудной проток и, таким образом, возвращается в кровоток коротким прямым путем, поступая в него без необходимости реабсорбции через стенки капиллярных сосудов. Ни в коем случае не вся эта жидкость вытекла из кровотока. Большая часть его представляет собой воду, которая попала в желудок в виде желудочного сока и в кишечник в виде секрета поджелудочной железы и других желез или попала через рот и всасывается лимфатическими путями пищеварительного тракта. Оставшаяся вода, забранная из пищеварительного тракта, поступает в его кровеносные сосуды. Разбавленная кровь поступает в печень, насыщенную переваренными продуктами, которые печень будет накапливать. Когда кровь разделяется с ними, дополнительная вода, которая служила для их транспортировки, выделяется из капилляров печени в лимфатические сосуды, которые выводят ее в грудной проток. Большое количество воды используется для вымывания переваренных продуктов. Выделяемая пищеварительными железами в пищеварительный канал, она выходит через его стенки в качестве носителя переваренных продуктов. Собираемый лимфатическими сосудами, он либо переносится непосредственно в грудной проток, либо переходит из лимфы в кровь, переносится кровью в печень, снова переносится из крови в лимфу и переносится лимфатическими сосудами печени в грудной проток.

Вода, выделившаяся из крови в лимфу, может реабсорбироваться в кровь вблизи того места, где она была излита, или она может попасть в кровь через грудной проток. Казалось бы, первое - естественный, второе - экстренный путь; первое - курс, выбранный, когда орган спокоен, второе - необходимость, когда орган активен. Если крупные лимфатические сосуды конечности перерезаны, лимфа из них не вытекает до тех пор, пока конечность находится в состоянии покоя. Когда мышцы сокращаются, начинает поступать лимфа. При сгибании и разгибании конечности рукой происходит отток лимфы. При сжатии или массаже мышц происходит отток лимфы. Поскольку поток устанавливается как за счет активного сокращения мышц, так и за счет пассивных движений, в которых мышцы не принимают участия, это явно должно быть вызвано внешним давлением на лимфатические сосуды. Поскольку они снабжены клапанами, при сжатии они превращаются в насосы. Жидкость, которая в них содержится, обязательно пойдет вперед. Дополнительная жидкость вливается в них из тканевых пространств. Следовательно, в значительной степени отток лимфы от сокращающихся мышц следует объяснять как результат давления, которое набухающие мышцы оказывают на лимфатические сосуды внутри своих оболочек. Но есть еще один фактор, который нельзя упускать из виду, хотя оценить его нелегко. Когда мышца активно сокращается, ее кровеносные сосуды расширяются. Происходит большой отток лимфы; и реабсорбция кровью не равна оттоку. Излишек покидает конечность по лимфатическим сосудам. Железа никогда не находится в состоянии покоя. В промежутках между выбросом секрета его клетки готовят материалы для следующего оттока. Лимфа всегда вытекает из железы; ее количество увеличивается по мере увеличения

активности железы. Больше лимфы выходит из крови, когда железа исключительно активна, чем когда она относительно спокойна. Часть лимфы не реабсорбируется в кровь. Определенная доля продуктов жизнедеятельности активной железы отводится системой перелива в направлении грудного протока.

Лимфа - это резервуар питательных веществ, которыми питается каждая клетка организма. Маловероятно, чтобы в здоровом состоянии и при нормальных условиях деятельность какого-либо органа когда-либо ограничивалась из-за недостатка достаточного количества пищи. Когда пища удаляется из лимфы, она мгновенно заменяется свежей пищей из крови. Есть некоторые свидетельства — не очень четкие, — того, что удаление продуктов жизнедеятельности сопряжено с большими трудностями, чем возобновление запасов пищи. Когда активность мышц чрезмерно продолжительна, они болят. Предполагалось, что их нежелание выполнять больше работы связано не с истощением пищи, которую они потребляют при заражении, а с недостаточностью лимфы и крови для удаления всех отходов. По крайней мере, таково обычно предлагаемое объяснение усталости, хотя трудно понять, почему устройства для удаления отходов, которые работали до совершенства в течение восьми часов, на девятом часу быстро становятся неэффективными.

Если мышцу лягушки, вырезанную из тела, заставили сокращаться до тех пор, пока она больше не откажется работать, она снова реагирует на стимуляцию после того, как по ее кровеносным сосудам пропустили раствор соли. Солевой раствор не приносит пищи; единственное, что он может сделать, это смыть отходы жизнедеятельности. Но этот эксперимент с уставшей изолированной мышцей не обязательно проливает свет на природу мышечной усталости в нормальных условиях. Изолированная мышца, сокращаясь, расходует запасенную пищу. Отрезанная от кровообращения, она не имеет возможности избавиться от молочной кислоты и других продуктов, в которые превращается пища. Вполне возможно, что они накопились в ядовитом количестве задолго до того, как была израсходована вся пища. Едва ли более убедительным является аргумент, основанный на пользе, которую усталый человек испытывает от горячих ванн, массажа и тому подобного. Они снимают чувство усталости, но из этого не следует, что этот результат обусловлен удалением продуктов жизнедеятельности. Ускорение кровообращения приводит к обновлению лимфы. Обновление лимфы означает поступление свежих запасов пищи, а также удаление отходов жизнедеятельности. Даже человеческие мышцы не идеальны как механизмы. Они не будут работать бесконечно долго. Наступает время, когда им необходим отдых. Что-то идет не так в замечательном приспособлении, которое до сих пор обеспечивало точно нужное количество пищи и точно необходимую свободу от продуктов действия. Чувство усталости является сигналом о том, что аппарат не в состоянии работать дольше; но вызвано ли это чувство нарушением баланса питания и потерь или некоторым ухудшением работы аппарата, которое требует отдыха и обновления, в настоящее время сказать невозможно. Это не связано с истощением мышечной массы. Более мощный стимул, сильный испуг или какая-либо другая сильная эмоция, или электрический ток, приложенный непосредственно к мышце или ее нерву, все равно вызовут сильное сокращение. Мышцы зайца, которого загоняли до тех пор, пока он не смог бежать дальше, все еще содержат гликоген, мышечную пищу.

Гликоген хранится в печени. Жир, если он усваивается сверх потребностей организма, накапливается в соединительных тканях. Белки, если их много в избытке, либо разрушаются в результате окисления, либо частично разрушаются и частично превращаются в жир.

Увеличение количества и насыщенности пищи не улучшает качество крови, если питание и так на высоте. Излишки пищи либо сохраняются, либо сжигаются. Состав лимфы остается неизменным. Ее качество не улучшается при приеме пищи в количестве, превышающем достаточное. Поддерживается идеальный баланс. При нормальных условиях каждая клетка способна получать столько питательных веществ, сколько ей необходимо. Она не может получать больше. Она не может откладывать еду и отлынивать от работы. Если бы это было так, она бы росла. Достигнув своего оптимального размера, она разделится. Образуется дополнительная ткань. Но когда он выполняет больше работы, ему требуется больше пищи; и общеизвестно, что система устроена так, что пища поступает к тканям не с неохотой, а с легкой тенденцией к щедрости. Работая усерднее, чем обычно, они обнаруживают, что лимфа, которой они омываются, несколько богаче необходимыми им материалами, чем того требуют обстоятельства дела. Они способны не просто получить все, что хотят, но и немного больше. Активность способствует росту.

Было предпринято много попыток показать, что, если часть тела получает больше положенной ей пищи, она увеличивается до чрезмерных размеров. Джон Хантер привил петушиной шпоре гребень. Он вырос до чудовищных размеров. Такой результат благоприятствует представлению, но он не совсем убедителен. Несомненно, гребень был обильно снабжен кровью, но из этого не следует, что клетки шпоры были способны в своем новом положении воспользоваться этим запасом. Кроме того, выступающая из головки шпора не подвергалась несчастным случаям, которым подвергалась, находясь на ноге. Ее размер не уменьшался из-за трения. И при этом она не была такой твердой и компактной, какой была бы в обычном положении. Вряд ли возможно придумать какой-либо эксперимент, который был бы удовлетворительным сейчас, когда понятны отношения между кровью и лимфой, лимфой и тканями. Однако при определенных патологических состояниях гипертрофия является результатом гиперемии хронического воспаления; и нет никаких сомнений в том, что, если бы мы могли обеспечить получение определенной группой клеток лимфы, более богатой пищей и свободной от продуктов жизнедеятельности, чем это обычно позволяет идеальное приспособление снабжения к потребностям, клетки бы росли.

В абсолютно здоровых нормальных условиях рост может быть вызван только употреблением. Природа поставляет топливо, которое используется во время деятельности, и остаток пищи, доступный для строительства дополнительных механизмов. Мышца, которая призвана выполнять работу, развивает большую работоспособность.

Когда питание не самое лучшее, росту мышц может способствовать внешнее давление, которое выдавливает лимфу из тканевых пространств и, следовательно, приводит к усиленному выделению крови. Не исключено, что в плохо питаемых тканях циркуляция крови несколько вялая, а лимфа застойная. Слабое кровообращение обычно приводит к некоторому отеку. Мышцы, или, скорее, соединительная ткань, которая их обволакивает и проникает в них, кажутся рыхлыми, вместо того, чтобы быть, как это должно быть, твердыми и эластичными. В этих условиях массаж, несомненно, полезен. Сжатие мышц вытесняет лимфу и, если давление направлено правильно, продвигает ее по лимфатическим сосудам. Свежая лимфа выделяется из капиллярных кровеносных сосудов, и мышечные волокна, окруженные более обильным запасом питательных веществ, получают пользу, поскольку у энергичного человека они получают пользу от использования.



Лимфа - это экссудат из крови. Следовательно, ее состав зависит от состава плазмы крови, но имеет тенденцию отличаться от него под влиянием двух причин. Во-первых, стенки капиллярных кровеносных сосудов ограничивают экссудацию. Красные кровяные тельца не могут проходить через них. Белки, которые не поддаются диффузии, в зависимости от состояния тканей задерживаются в большей или меньшей степени. Псевдокапилляры печени пропускают их, как уже было сказано. Капилляры конечностей ограничивают их прохождение до таких пропорций, которые, как можно предположить, абсолютно необходимы для питания тканей. Во-вторых, ткани удаляют пищу из лимфы и добавляют к ней продукты жизнедеятельности. Следовательно, лимфа, вытекающая из конечности после полного контакта с тканями, содержит меньше первых и больше вторых — меньше сахара, например, и гораздо больше окисленных азотистых веществ, лецитина и других веществ, называемых в совокупности “экстрактивными веществами”, потому что они могут быть извлечены из высушенной крови или лимфы эфиром. Реакция лимфы щелочная. Через некоторое время она свертывается, но свертывание происходит медленнее, а сгусток менее плотный, чем в случае с кровью.

Поскольку состав лимфы зависит от источника, из которого она была получена, и условий, при которых она была получена, нет необходимости приводить результаты химического анализа. Достаточно сказать, что лимфа содержит все вещества, которые присутствуют в плазме крови, но не обязательно в одинаковом общем количестве или в одинаковых относительных пропорциях. Вообще говоря, лейкоциты присутствуют примерно в том же количестве, что и в крови — от 6000 до 8000 на кубический сантиметр; но лейкоциты присутствуют повсюду: в крови, в лимфе, в лимфатических сосудах, в тканевых пространствах. Поскольку они представляют собой не пассивно плавающие тела, подобные красным кровяным тельцам, а активные мигрирующие организмы, они имеют тенденцию накапливаться в одной ситуации и удаляться из другой в соответствии с возможностями, которые предоставляют различные местности. Они выделяют лимфу, волдыри, асцитическую жидкость и тому подобное. Их нет в лимфе в перикарде. В лимфе, поступающей из кишечника после еды, их меньше, чем в той же лимфе в промежутках между приемами пищи. Их выделение из выпотевшей лимфы может быть легко объяснено. Не так-то легко объяснить их сравнительное отсутствие в лимфе в молочной железе, когда она сильно насыщена жиром и другими продуктами пищеварения. Те лейкоциты, которые присутствуют в это время, загружены жировыми гранулами, которые они украли из хилуса, как обычно называют лимфу в млечных железах. Нужно было бы быть очень близким с лейкоцитом, прежде чем рискнуть объяснить причины всех его движений. Лимфа содержит те же белковые вещества, что и кровь, и в тех же относительных пропорциях, но обычно в меньшем количестве.

Случайно упоминались большие лимфатические пространства - брюшинное, плевральное и перикардальное. Головной и спинной мозг отделены от своих наружных оболочек лимфатическим пространством. Внутри головного мозга также есть пространства — желудочки - и центральный канал в спинном мозге. Водянистая жидкость и стекловидное тело глаза также представляют собой лимфатические пространства, хотя последнее содержит некоторые остатки ткани. Полости суставов представляют собой лимфатические пространства. То же самое относится и к бурсам, которые окружают сухожилия или отделяют их от костей. Однако нецелесообразно включать все эти полости в одну категорию ни с точки зрения их назначения, ни способа образования, ни характера их содержимого. Брюшинное, плевральное и перикардальное пространства являются частями большой примитивной полости тела, или кишечника. Первые два являются скорее потенциальными, чем реальными. Обычно они

содержат как раз количество жидкости, достаточное для увлажнения прилегающих поверхностей эндотелия, который выстилает их стенки и покрывает органы, которые они содержат. В них нет жидкости, которую можно было бы собрать и обозначить как “перитонеальную” или “плевральную” жидкость. Назначение промежутков состоит в том, чтобы обеспечить движение без трения — в одном случае кишечника, в другом - легких. Из пространства, окружающего сердце, можно взять примерно ложку жидкости. Она имеет обычный состав лимфы. Она содержит белки, но не поддается самопроизвольной свертываемости. Лейкоциты отсутствуют, что, вероятно, объясняет отсутствие свертываемости. Жидкость внутри спинномозговой системы чрезвычайно разбавлена. Ее основная соль — фактически, ее основной компонент — хлористый натрий. Он почти не содержит белков, и они в модифицированном состоянии - протеозы. Он также содержит пирокатехин, бензойный спирт. Это вещество уже давно признано составной частью спинномозговой жидкости, поскольку, подобно сахару, оно восстанавливает соли меди при нагревании с ними в щелочном растворе. По-видимому, это один из продуктов разложения белков. Несмотря на то, что она выделяется в виде лимфы из кровеносных сосудов хориоидеальных сплетений, состав спинномозговой жидкости был глубоко изменен активностью - ее можно было бы назвать пищеварительной активностью — эпителия, выстилающего спинномозговой канал. Существует теория, согласно которой предки всех позвоночных животных были организованы по совершенно иному плану, чем их далекие потомки. Наш спинномозговой канал был их желудком и кишечником. Казалось бы, выстилающий эпителий этих органов, хотя и не использовался миллионы лет, не может устоять перед искушением переварить содержащуюся в них лимфу! Жидкость в суставах содержит муцин (важнейший компонент слизи), или вещество, напоминающее муцин. В этом случае суставная мембрана добавила что-то к лимфе, не удаляя и не разрушая какие-либо другие ее составляющие.

Можно было бы привести другие иллюстрации, показывающие, как изменяется состав плазмы крови во время ее выхода из капиллярных кровеносных сосудов или после того, как она вышла из них. Возможно, было бы логичнее начать с внешней стороны стенок капилляров; поскольку кровь вполне корректно можно рассматривать как ткань, зависящую, как и все другие ткани, от диффузии из лимфы питательных веществ, в которых она нуждается. В стенке пищеварительного канала он получает питательные вещества через лимфу. Он сбрасывает их в печень, свою *кормушку* для охраны, чтобы забрать их снова, когда они понадобятся. Поток лимфы, который грудной проток отводит в вены шеи, переносит жир, который не мог проникнуть через стенки капиллярных кровеносных сосудов, и большую часть запасов пищи, которые кровь отложила в печени. Только около четверти жидкости тела (одна тринадцатая веса тела) содержится в кровеносной системе; но эта замкнутая жидкость, благодаря тому факту, что она поддерживается в кровообращении сердцем, восполняет и очищает гораздо большее количество, которое не циркулирует. Незамкнутая лимфа в определенных ситуациях имеет химический состав, который сильно отличается от химического состава крови. Представьте себе болото, через которое протекает река — например, обширные равнины водных растений на Ниле выше Фашоды. Существует постоянный обмен между проточной водой реки и стоячей водой болота. В любой данной части болота качество воды будет зависеть от того, что она смогла взять из реки и что отдала обратно; от того, что водные растения взяли из нее и что они добавили в нее. Лодки, которые не могут пробиться сквозь стены тростника, держатся открытого русла Нила. Рыба плавает то в реке, то в узких проходах и открытых заводях болота. Так же, в некотором смысле, обстоит дело с жидкостью в пространствах и полостях лимфатической

системы и в пересекающих их кровеносных сосудах, а также с ее мигрирующими обитателями. В нашей экстравагантной аналогии лейкоциты заменяют рыбам. У рыб есть две причины для перехода из реки в болото. Среди водных водорослей они охотятся в поисках пищи; они ищут тихие места для размножения. В этом вопросе справедлива аналогия. Лейкоцит может быть захвачен делением клетки в любом месте — в кровотоке или в лимфатическом сосуде. Но деление клеток происходит очень редко, за исключением определенных излюбленных мест. Места размножения, выбранные лейкоцитами, представляют собой защищенные участки соединительной ткани, где кровоснабжение обильное, и приемлемость такого места значительно возрастает за счет его близости к полю, где, вероятно, потребуются их услуги. Гнезда соединительной ткани, образованные лейкоцитами, бывают трех видов, называемых соответственно диффузной аденоидной тканью, лимфатическими фолликулами и лимфатическими железами. Соединительная ткань под слизистой оболочкой всех дыхательных путей — трахеи, бронхов и бронхиол - представляет собой диффузную аденоидную ткань. Он не представляет собой особой структуры, но его пространства заполнены лейкоцитами на различных стадиях клеточного деления и молодыми лейкоцитами, или лимфоцитами, как их обычно называют. Часть лимфоцитов попадает в кровь или в лимфу. Другие, приобретая свои полные размеры, очищают эпителий, выстилающий дыхательные пути, от микробов и других инородных тел, которые попадают в дыхательные пути с вдыхаемым воздухом. Можно видеть, как они отталкивают клетки нижних слоев эпителия на пути к поверхности или возвращаются в субэпителиальную соединительную ткань с микробами, или частицами сажи, или обломками эпителиальных клеток, которые они приняли в свое вещество (рис. 4, Б).

Миндалины являются примерами фолликулярных лимфоидных структур. Они лежат по одной с каждой стороны от входа в пищевод, между двумя складками (передней и задней стенками зева), с помощью которых мягкое небо продолжается до края языка. Обычно миндалина не видна, но при воспалении она может выступать так, что ее можно увидеть; и тогда ее поверхность может быть покрыта слизью и гноем. Она может увеличиваться в детском возрасте из-за хронического воспаления. На разрезе миндалины видно, что она состоит из скоплений лимфатических фолликулов, расположенных под слизистой оболочкой. Термин “фолликул” неудачен. Оно не дает представления о форме или структуре ни одной из этих масс лимфоцитов; и, кроме того, оно применяется к вещам совершенно иного характера — например, к ямкам слизистой оболочки, которые опускаются между массами лимфоидной ткани в миндалине. Выражение “фолликулярный тонзиллит” относится не к лимфатическим фолликулам, а к эпителиальным ямкам. Это состояние, при котором в устье каждой из ямок видна капля гноя. Лимфатический фолликул представляет собой небольшой округлый комочек соединительной ткани, более плотный по периферии, чем в центре. Его кровеносные сосуды расположены в основном по периферии. В центре возникают лимфатические ручейки. Его внешняя часть плотно заполнена делящимися лимфатическими клетками и молодыми лейкоцитами, которые по мере образования мигрируют к центру и в конечном итоге покидают фолликул по лимфатическим сосудам. Соединительная ткань, которая покрывает и разделяет фолликулы, полна лейкоцитов. За удалением миндалин не следует никаких побочных эффектов. Они не являются существенными для нашего благополучия. Тем не менее, им предстоит выполнять важные функции. Они представляют собой казармы, переполненные лейкоцитами, которые охраняют проход в пищеварительный канал. Их лейкоциты постоянно патрулируют слизистую оболочку, захватывая микробы, удаляя фрагменты поврежденного эпителия, стремясь загладить вред, которому особенно подвержена эта часть пищеварительного тракта.

Увеличение миндалины, возникающее в результате частых болей в горле, является реакцией на потребность в увеличении количества этих маленьких падальщиков, чтобы они могли справляться не только с неприятными вещами за пределами стенок, но и с еще более вредоносными микробами, которым во время приступа ангины удастся пробиться сквозь эпителий. Именно захватчики, которые ускользают от бдительности лейкоцитов, вызывают лихорадку и другие общие симптомы. Другие заметные группы лимфатических фолликулов находятся в средней части тонкой кишки, где они образуют овальные пятна, примерно три четверти дюйма длиной и полдюйма шириной — пейеровы пятна. Лейкоциты, которые вырабатываются в них, исследуют стенки кишечника в поисках микробов. Во время приступа кишечной лихорадки участки воспаляются, и одним из самых больших рисков, которым подвергается пациент, является риск изъязвления участка и перфорации стенки кишечника.

Обильные условия для размножения лейкоцитов показывают, что разрушение этих клеток должно происходить в столь же больших масштабах. Каждый день умирает большое количество людей. Где это происходит и как вывозятся их мертвые тела, доподлинно неизвестно. Несомненно, они съедаются своими собратьями, их вещество окисляется, а продукты — углекислота, вода и азотистые отходы — выбрасываются в лимфу. Есть некоторые основания полагать, что часть азотистых отходов выводится из организма в виде мочевой кислоты ([ср. стр. 216](#)). Ежедневное производство и последующее разрушение лейкоцитов показывает, что их метаболизм является фактором, который нельзя упускать из виду, когда мы составляем отчеты организма.

Фиксированные ткани получают питательные вещества в переваренном состоянии. Лейкоциты переваривают их самостоятельно. Во многих случаях, хотя и не во всех, клетки фиксированных тканей сохраняются на протяжении всей жизни, что касается их внешней формы, хотя их молекулы окисляются и заменяются новым материалом. Следовательно, не исключено, что существует разница между метаболизмом фиксированных тканей и метаболизмом лейкоцитов. Блуждающая клетка целиком, включая ее ядро, разрушается и должна быть удалена. Мы не знаем, происходит ли это в случае фиксированной клетки. На основании доказательств, которые, по-видимому, указывают на химическую связь между ядерными веществами и мочевой кислотой, был сделан вывод, что два основных азотистых продукта, выделяемых почками, делятся на один, который в основном представляет собой окисление фиксированных клеток, мочевины, и другой, мочевую кислоту, в значительной степени получаемую в результате окисления блуждающих клеток.

Отважные лейкоциты делают все возможное, чтобы справиться со всем мусором, живым или мертвым, который нуждается в удалении. Они стекаются в любую ситуацию, в которой много микробов или разрушены ткани. Если все идет хорошо, они впитывают инородное вещество в свое вещество — мертвая ткань — это вещество, чужеродное для организма, - и либо переваривают его в ходе своего обычного развития, либо отступают с ним, если они не могут его переварить, к ближайшей лимфатической железе. Но в своих попытках добраться до нежелательной материи они склонны уходить слишком далеко от здоровой лимфы, из которой они получают кислород для собственного дыхания. Не имея возможности дышать, они умирают. Они теряют способность выдавливать псевдоподии. Их растяжимые, цепкие отростки втягиваются внутрь. Принимая шаровидную форму, они беспомощно плавают в том, что когда-то было лимфой. Белки их организма в значительной степени превращаются в жир. В виде

"клеток гноя" они выделяются вместе с выделениями из язвы или накапливаются в полости абсцесса. Гнойная клетка - это мертвый и жирно дегенерировавший лейкоцит.

Третий тип места размножения лейкоцитов, лимфатическая железа, имеет более сложную структуру, чем ткани, с которыми мы уже имели дело. Лимфатические железы размером примерно с фасоль и такой же формы. Они обнаруживаются по ходу лимфатических сосудов в ситуациях, когда они не подвергаются давлению, таких как задняя поверхность колена, пах, передняя часть локтя, подмышечная впадина, на шее над ключицей и по обе стороны от грудино-сосцевидной мышцы, позади угла челюсти. Их несколько в брюшной полости и грудной клетке. Каждая лимфатическая железа окружена прочной фиброзной капсулой. Её артерия входит, а вена и выводящие лимфатические пути выходят с вогнутой стороны (хилуса) железы. Лимфатические сосуды, которые доставляют к нему лимфу, проникают в капсулу с её выпуклой стороны. Она делится на две части: (1) Аденоидная ткань, окружающая артерию и её ветви; (2) открытая сеть "лимфатических путей", которые окружают эту аденоидную ткань. Лейкоциты делятся в аденоидной ткани. Молодые лимфоциты выпадают в лимфатические пути. Поскольку поток лимфы, приносимый афферентными сосудами, всегда поступает в лимфатические пути и выходит по эфферентному сосуду или сосудам, лимфоциты уносятся вместе с ним к грудному протоку. Следовательно, лимфатическая железа является органом для добавления лейкоцитов к лимфе по ходу лимфотока. Однако у неё есть другая, не менее важная функция. Лейкоциты, подцепившие микробы или другие инородные вещества, попадают вместе с лимфой в лимфатическую железу. После попадания в лимфатические пути они покидают лимфоток, втискиваются в аденоидную ткань железы и там останавливаются со своим грузом. Они остаются в железе до тех пор, пока инородное вещество не будет переварено, или, если оно неперевариваемо, до тех пор, пока они не подвергнутся растворению, когда частицы сажи или пигмента осядут из их обломков в безвредном состоянии. Когда на кожу наносится татуировка, большая часть индийских чернил и других пигментов остается там, куда их ввели иглой, но часть их подхватывается лейкоцитами и переносится в ближайшую лимфатическую железу.

Лимфатические железы являются барьерами, которые останавливают распространение инфекции. Это пункты, куда наша полиция доставляет захваченные микробы. Кожа на пятке ободрана. Микробы из почвы или других мест, скопившиеся в грязном чулке — из-за теплой влаги, заключенной в непромокаемом ботинке, шерстяной покров стопы является особенно благоприятным местом для размножения микробов, — попадают в открытые лимфатические пространства подкожных тканей. Лейкоциты спешат на место. Они захватывают захватчиков своими псевдоподиями, поглощают их в своем теле, попадают в лимфатические сосуды и уносятся лимфотоком. Инстинкт, который приводит их во все большем количестве к брешу в защитной оболочке, может быть объяснен только с точки зрения силы. От нашего собственного сознательного действия до причин, определяющих движение лейкоцита или амбы, - перепад настолько глубокий, что мы предпочитаем признавать в последнем просто химическую силу притяжения. "Хемиотаксисом" мы называем воздействие, которое привлекает лейкоциты туда, где много пищи; хотя следует признать, что это также место, где в интересах организма в целом они подвергаются большому риску удушения. Именно аппетит влечет школьника в булочную; чувство долга побуждает пожарного рисковать своей жизнью в задымленном помещении. У нас нет желания очеловечивать лейкоцит, но трудно слишком сильно подчеркивать его независимость. Было бы абсурдно использовать термины, которые подразумевают, что лейкоцит обладает способностью к самонаправлению; однако в равной степени вводит в

заблуждение описание его миграции к месту повреждения, его отступления с проглоченными микробами в лимфатическую железу, его извивания из лимфатических путей железы в убежище ее аденоидной ткани в терминах, которые подразумевают, что силы, которые им управляют, известны и их способ действия понятен. Успех, сопутствующий вторжению микробов, обусловлен их удивительной способностью к размножению, когда они попадают в лимфу или кровь. Бесполезно пытаться составить представление о скорости, с которой они делятся, поскольку у нас нет данных, на которых можно было бы основывать расчеты. Если лейкоциты не справляются с первыми попавшими внутрь бактериями, то вскоре в лимфатических сосудах скапливаются микробы. Это приводит к воспалению стенок сосудов, которое затем можно увидеть в виде красных линий под кожей. Эти красные линии ведут вверх к ближайшей лимфатической железе. Железы в пространстве за коленом обычно не поражаются, когда очаг инфекции находится в стопе. Красные линии можно проследить вверх по внутренней стороне колена и передней и внутренней стороне бедра до паха. Железы в этом случае набухают до такой степени, что их можно легко прощупать. Если проблема в руке, может быть затронута железа в локте, но большая часть лимфы проходит мимо нее по пути к железам в подмышечной впадине. Если источником инфекции является боль в горле, железы под углом челюсти увеличиваются. Таким образом, различные железы блокируют дальнейшее распространение инфекции. При этом их ресурсы могут быть исчерпаны до предела; они могут увеличиваться, становиться нежными, размягчаться, наполняться гноем, разрушаться и выделять гной без помощи хирургического ножа, хотя, как только в них обнаруживается гной, разумно выпустить его наружу. Если микробы проходят через эти первые станции в лимфатические сосуды за ними, в других ситуациях образуются абсцессы. Устанавливается так называемое “заражение крови”.

Готовность, с которой лейкоциты жертвуют собой в своих попытках удалить микробы и разлагающиеся ткани, является предметом почти повседневного опыта. Жирные вещества, вырабатываемые сальными железами кожи, обычно выходят на поверхность. Они делают кожу эластичной и непроницаемой для влаги. Микробы попадают в одну из сальных желез лица или века. Содержимое железы начинает разлагаться. Лейкоциты попадают в нее с целью удаления гнилого вещества. Они теряют свою жизнеспособность и превращаются в гнойные тельца. Прыщ или ячмень лопаются, и гной и жировые отложения выделяются вместе.

То, что превращение лейкоцитов в клетки гноя происходит из-за недостатка кислорода, было показано следующим экспериментом: под кожу помещают крошечный кусочек фосфора. Лейкоциты собираются вокруг пятна с целью удаления ткани, разрушенной фосфором. Но фосфор обладает настолько сильным сродством к кислороду, что он истощает запас в области ткани, которая его окружает. Лейкоциты погибают, не достигнув ткани, непосредственно прилегающей к кусочку фосфора. Их мертвые тела образуют вокруг него приподнятое кольцо из гнойных клеток. Мы можем объяснить эту готовность лейкоцитов жертвовать собой в своих попытках добраться до чужеродного вещества, которое необходимо удалить, только тем, что притяжение пищи сильнее, чем отталкивание лимфы, лишенной кислорода. Амба, помещенная в сопоставимые условия, отказывается от поисков пищи, какой бы сильной хемиотаксической она ни была, и возвращается к воде, которая содержит кислород, достаточный для удовлетворения ее дыхательных потребностей.

**Кровь.**—Часть жидкости организма заключена в сосуды и поддерживается в циркуляции сердцем. Сердце перекачивает кровь в аорту. От этого ствола отходят крупные артерии, которые, в свою очередь, разделяются до тех пор, пока не будут достигнуты тончайшие

капиллярные сосуды. Капиллярные трубки соединяются, образуя вены, которые, за исключением тех, которые забирают пищу из органов пищеварения, доставляют кровь обратно к сердцу. Вены, которые опорожняют желудок и кишечник (органы, в которых пища готовится к усвоению) и селезенку (орган, в котором как бы перевариваются изношенные красные кровяные тельца), распадаются в печени на вторую группу мелких сосудов. Псевдокапиллярные сосуды печени соединяются, образуя печеночные вены, которые добавляют кровь, прошедшую через этот орган, к остальной крови, которая проходит по нижней поллой вене к сердцу. Второе капиллярное кровообращение также наблюдается в почках.

Сердце четырехкамерное (рис. 10). Его левый желудочек разносит кровь по системному или большому кругу кровообращения, при этом кровь возвращается в правое предсердие. Правый желудочек прогоняет кровь по малому или легочному кругу кровообращения, из которого она возвращается в левое предсердие. Стенки всех кровеносных сосудов, за исключением капилляров, достаточно толстые, чтобы предотвратить утечку любого из компонентов крови. Чтобы поддерживать давление крови, которую они содержат, артерии и более крупные вены нуждаются в стенках значительной толщины. Стенки капилляров обеспечивают обмен между кровью и лимфой уже описанным способом (ср. с. 39).

Свежая кровь из легких, независимо от того, находится ли она еще в легочных венах или в системных артериях, имеет алый цвет. Венозная кровь темнее и пурпурно-красная, глубина ее оттенка меняется в зависимости от того, насколько она расходуется с кислородом. Она выглядит менее непрозрачной, чем артериальная кровь. За этим исключением физические свойства и химический состав крови удивительно постоянны во всех частях тела. Артериальная кровь содержит больше кислорода, венозная - больше углекислоты. Можно распознать и другие химические различия, но они относительно очень малы. Постоянство состава крови является ее наиболее заметной характеристикой. Кровотечение, если только оно не чрезмерное, не оказывает на нее существенного влияния. Количество кровяных телец, конечно, уменьшается, но даже они замещаются с большой скоростью. Плазма после кровотечения вскоре восстанавливает свои белки и соли. Аналогичная корректировка происходит, если в кровь вводится обычный физиологический раствор (вода, содержащая 0,9% хлористая натрия) или даже крепкий раствор соли. В определенных пределах очень трудно нарушить баланс его составляющих. Он с замечательной легкостью избавляется от веществ, добавленных в избытке, или заменяет удаленные вещества. Если сахар (глюкоза) вводится в вену, он выходит через стенки капилляров в лимфу. Через короткий промежуток времени в лимфе содержится больше сахара, чем в крови. При введении избытка белка, будь то чужеродный для крови вид или его собственная сыворотка - альбумин, он удаляется почками. У крови есть различные источники, из которых она может извлекать запасы всего, чего не хватает, и различные способы избавления от всего, чего в избытке. Она использует лимфу в тканевых пространствах для получения воды. Он выводит соли в лимфу. Он также забирает соли из лимфы. Он использует печень для получения сахара и, вероятно, также для получения белков. У умирающего от голода животного кровь еще долго содержит сахар после того, как свежие запасы перестали поступать к нему из кишечника. Легкие выводят углекислоту. Почки выводят все, что не может быть удалено иным способом. Для благополучия организма в целом важно, чтобы кровь поддерживала единый стандарт состава.

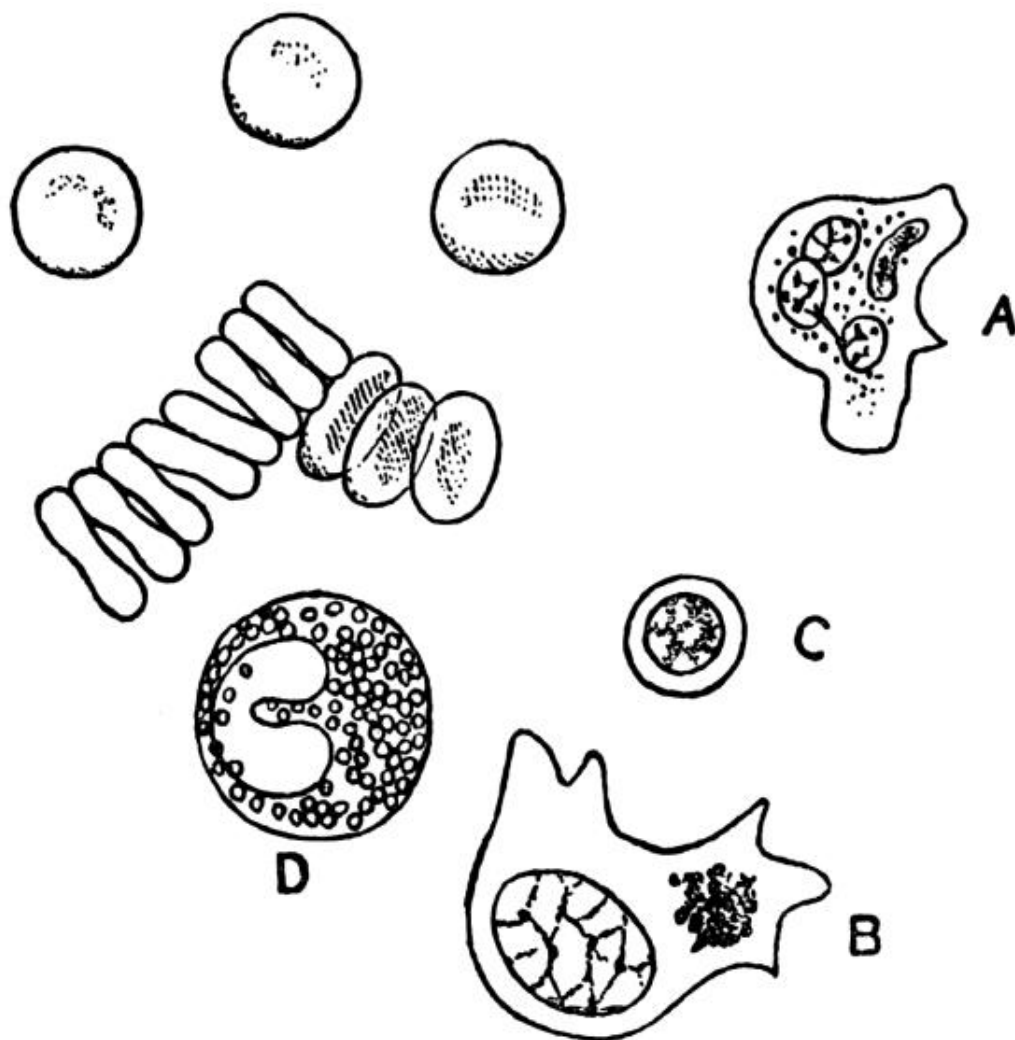


Рис. 4. Красные кровяные тельца, представленные, одни на Поверхности, другие по краям, своих Дисков, вместе с отдельными представителями четырех типов лейкоцитов.

А, наиболее распространенный тип, высокоамбоидный и фагоцитарный. Его протоплазма мелкозернистая, ядро многогранное. В, лейкоцит, очень похожий на последний, но более крупный и содержащий неразделенное ядро. Он показан с скоплением частиц сажи в его теле-веществе. С - молодой лейкоцит, или “лимфоцит”. D - крупнозернистый лейкоцит. Его гранулы ярко окрашиваются кислотными красителями —*например, эозином или кислым фуксином.*

*Состав.*—Структурный состав крови и соотношение нескольких ее составляющих друг с другом лучше всего изучать под микроскопом. Тонкая прозрачная мембрана, в которой кровь циркулирует по мелким сосудам — перепонка между пальцами лягушачьей лапки, брыжейка, перепонка уха летучей мыши — дает возможность наблюдать за кровообращением. В любом из мелких сосудов, будь то артерия или вена, виден столбик красных кровяных телец, движущийся по оси потока. Этот столбик окружен слоем прозрачной плазмы. Среди красных кровяных телец можно обнаружить несколько лейкоцитов, безмятежно плывущих по течению. Другие видны в периферическом слое плазмы, которые имеют тенденцию ползти вдоль стенки сосуда, а не подчиняться движению тока вперед, как пассивные объекты. Если к мембране приложить раздражающее вещество, сосуды расширяются; однако, несмотря на их более широкий



калибр, ток замедляется. Красные кровяные тельца скапливаются вместе. Очевидно, что это начинающееся воспаление слегка изменяет их строение таким образом, что они перестают быть чистыми, независимыми дисками, которые скользят друг мимо друга, как маленькие лодочки на реке; они проявляют тенденцию прилипнуть один к другому. В капиллярных сосудах теперь можно наблюдать лейкоциты, которые не просто ползут по внутренней поверхности эндотелия, но и протискиваются между его чешуйками; пробираясь из сосуда в тканевые пространства, через которые проходит сосуд. Такое наблюдение дает ключ к пониманию функций нескольких компонентов крови. Красные тельца переносят кислород в химическом сочетании с окрашивающим их веществом. Из них он переходит в раствор в плазме; из плазмы через стенки капиллярных сосудов в лимфу; ткани берут его из лимфы по мере необходимости. По мере удаления из лимфы она обновляется из плазмы. Углекислота, выделяемая клетками тканей, растворяется в лимфе. Из лимфы она переносится в плазму. Усвоение углекислоты этими жидкостями не так просто, как перенос кислорода из крови в лимфу. Этому способствует присутствие щелочных карбонатов, которые всегда готовы образовать “кислотные” соли: не кислотные по отношению к лакмусовой бумажке — кровь всегда щелочная, — но содержащие более одной единицы кислоты по отношению к одному основанию. Карбонат натрия имеет формулу  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . С дополнительной молекулой угольной кислоты он становится  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{CO}_2(\text{HO})$  — бикарбонатом. Находясь в растворе, он может удерживать еще больше углекислоты. Если бы углекислота была просто растворена в лимфе и плазме, для крови было бы невозможно уносить ее с достаточной скоростью; точно так же, как для крови было бы невозможно доставлять достаточное количество кислорода, если бы не красящее вещество (гемоглобин), которое образует с ней временное, легко разрушаемое соединение. Но с физической точки зрения это одно и то же. Когда содержание кислорода в плазме падает, он больше растворяется в гемоглобине. Когда содержание кислорода в лимфе меньше, чем его содержание в плазме, первое заимствует последнее. Если содержание углекислоты в лимфе выше, чем в крови, она переходит в кровь. Быстро циркулирующая кровь с частыми интервалами проходит через легкие. Вся кровь организма подвергается воздействию воздуха в легких раз в минуту. Поскольку в легочном воздухе содержание кислорода выше, чем в венозной крови, этот газ всасывается. Поскольку в венозной крови содержание углекислоты выше, чем в легочном воздухе, этот газ выделяется. Плазма в капиллярных сосудах, которые пересекают ткани, с очень большой скоростью обменивается газами с лимфой.

Удельный вес крови варьируется от 1·056 до 1·059. Кровяные тельца тяжелее плазмы. Его реакция на тестовую бумагу щелочная из-за присутствия бикарбоната натрия и динатриевого фосфата. Щелочность наиболее высока, когда организм находится в состоянии покоя; она снижается при сильных мышечных нагрузках. Кровь содержит около 5 000 000 красных кровяных телец и 7000 или 8000 лейкоцитов в расчете на кубический миллиметр. Красные кровяные тельца представляют собой двояковогнутые диски, лишенные ядра и, насколько можно видеть, лишенные какой-либо защитной оболочки. При взгляде в профиль они имеют форму бисквита, потому что в центре есть углубление. Их наибольший диаметр составляет  $7 \cdot 5$  микромиллиметров ( $1 /_{3200}$  дюйма) - измерение, имеющее большое значение для любого, кто работает с микроскопом, поскольку оно служит стандартом для оценки размеров других объектов. Они мягкие, но довольно жесткие и высокоэластичные. В циркулирующей крови иногда можно увидеть, как частица зацепляется за точку, где соединяются два капиллярных сосуда. Она сгибается почти вдвое под давлением столба тельцов позади нее, а затем пружинит вперед.

Красные тельца являются переносчиком гемоглобина. Если кровь разбавить водой или поочередно замораживать и оттаивать, гемоглобин отделяется от кровяных телец, которые затем можно увидеть в виде бесцветных дисков. Гемоглобин составляет 40 % от веса влажного тельца, или 95% от его веса после высушивания. Для частицы это огромный заряд, и вопрос о том, как она его переносит, много обсуждался. Она не находится в кристаллическом состоянии. Частица, исследуемая поляризованным светом, не обладает двойным преломлением. Микроскописты знают, что если бы в тельце были какие-либо кристаллы, то при пересечении призмы Николла они казались бы яркими на темном фоне. Он не может быть в растворе, поскольку воды, содержащейся в тельце, недостаточно для его растворения. Он должен быть соединен с каким-либо компонентом тельца. Но распределен ли он равномерно по всему диску или в полужидкой форме, заключенной в пространствах в виде губки; или же тельце представляет собой полый пузырь, содержащий жидкий гемоглобин - точка зрения, которая долгое время поддерживалась, а недавно была возрождена, — это вопросы, которые все еще ждут дальнейших доказательств.

Красные кровяные тельца, собственно так называемые, встречаются только у позвоночных животных, хотя беспозвоночные животные, от червей и выше, обладают настоящей кровью, и у некоторых из них она содержит гемоглобин или аналогичный пигмент в форме шариков. Их можно было бы сравнить с безъядерными тельцами млекопитающих, но следует помнить, что безъядерные клетки млекопитающих произошли от безъядерных кровяных телец птиц, рептилий, амфибий и рыб. У рыб эритроциты отсутствуют. Гемоглобин обычно растворен в крови беспозвоночных животных. Невозможно проследить какую-либо связь между цветными шариками беспозвоночных и кровяными тельцами рыб. Окрашенные шарики следует рассматривать как отложения или наросты гемоглобина, удерживаемые вместе белковым веществом.

Эритроциты с ядрами субмаммальных позвоночных размножаются путем клеточного деления, циркулируя в кровотоке. Хорошим объектом для поиска делящихся телец является кровь тритона весной, когда быстро возрастающая активность требует дополнительного притока. Нет ничего, что отличало бы метод деления кровяного тельца с ядрами от метода деления любой другой клетки.

История жизни красных кровяных телец млекопитающих - одна из самых увлекательных, которые может рассказать гистолог. Он хотел бы рассказать об этом с уверенностью; но, к сожалению, в предыдущих главах есть много неясностей из-за противоречивых свидетельств. Маловероятно, что кровяное тельце живет долго. Месяц или шесть недель - это, вероятно, срок его существования. Скорость, с которой запас крови пополняется после кровотечения, показывает, что в организме должно быть достаточно запасов для выработки кровяных телец. Скорость, с которой они исчезают после того, как их добавили в избытке, показывает, что существует не менее эффективный механизм их уничтожения. Если ввести в вены животному вдвое меньше того количества, которое у него уже есть, то примерно через десять дней количество снижается до нормального уровня. Ясно, что они могут быть изготовлены и могут быть уничтожены с большой легкостью, и кажется законным вывод о том, что производство и уничтожение происходят постоянно. Относительно способа, которым они уничтожаются, нет никакой неопределенности. Мы обратимся к этому вопросу при описании функций селезенки. Но как они устроены? Мы можем в общих чертах обрисовать их историю, но свидетельства противоречивы в отношении всех деталей.

На ранних стадиях эмбриональной жизни все красные кровяные тельца зарождаются, как это постоянно происходит у птиц и других классов позвоночных, стоящих ниже млекопитающих. У эмбриональных млекопитающих они размножаются путем деления, циркулируя в крови, точно так же, как у тритона. Но обычно считается, что это не самый важный источник новых клеток. На самых ранних стадиях роста они образуются в огромном количестве. Такие случаи деления, которые можно наблюдать в циркулирующей крови, по-видимому, слишком редки, чтобы объяснить их быстрое размножение, и не может быть никаких сомнений в том, что более сложный метод производства является более важным. Их формирование описывается как происходящее “эндогенно”. Определенные клетки, называемые “сосудообразующими” или “сосудосангообразующими”, достигают значительных размеров и становятся звездчатыми по форме или разветвленными. Их ядра делятся без деления клетки. Вокруг каждого ядра накапливается немного гемоглобина. Внутри клетки появляется пространство, заполненное жидкостью. Ядра выступают в это пространство. Затем они отпадают вместе со своими оболочками из гемоглобина. Внешняя оболочка большой сосудообразующей клетки становится стенкой капиллярного кровеносного сосуда. Своими ветвями он соединяется с другими сосудообразующими клетками, образуя сеть сосудов. Жидкость внутри него - плазма крови. Ядра и их оболочки являются кровяными тельцами. Это, если верить истории, комплексный способ производства кровеносных сосудов и крови одновременно. Были высказаны сомнения в его точности, но многие ведущие гистологи упорно утверждают, что это описание верно.

Через определенный период все эритроциты с ядрами исчезают из крови млекопитающих. Их место занимают безъядерные тельца. Как образуются последние? На короткой стадии эмбриональной жизни ядродержащие клетки, содержащие пигмент крови, видны или предполагается, что их можно увидеть в печени - к сожалению, очень трудно с уверенностью отличить их от молодых клеток печени; позже их можно увидеть в селезенке; на протяжении всей жизни их можно увидеть в костном мозге. Клетки с ядрами дают начало безъядерным тельцам. Вряд ли правомерно называть эти клетки постоянными эмбриональными тельцами. Однако цепь, соединяющая клетки, которые в эмбрионе способны делиться на пары красных кровяных телец с ядрами, и клетки, которые, принимая на себя роль родительских клеток, накапливают гемоглобин не для своих собственных целей, а для пользы отщепляющихся от них красных кровяных телец, вероятно, не разорвана. В этом смысле они представляют собой устойчивые эмбриональные тельца, покинувшие кровоток и нашедшие убежище в определенных тканях, особенно благоприятных для клеточного деления. Ситуации, в которых они прячутся, наводят на размышления. В печени имеется обильный запас питательных веществ, более обильный, чем в любой другой части тела эмбриона. Позже в селезенке разрушаются красные кровяные тельца. Поэтому материалы, доступные для изготовления новых, должны быть освобождены. Внутренняя часть полых костей находится в особенно защищенном месте. Со временем там накапливаются жировые клетки костного мозга; но в некоторых костях в костном мозге вырабатывается очень мало жира; отсюда его красный цвет, обусловленный обилием кровеносных сосудов. Этот “красный костный мозг” является наиболее важным местом производства красных кровяных телец во взрослой жизни. К сожалению, когда мы пытаемся ответить на вопрос, как они образуются? мы обязаны говорить с осторожностью. Некоторые гистологи утверждают, что клетки с ядрами делятся и что одна из двух дочерних клеток накапливает гемоглобин и теряет — то есть выталкивает — свое ядро. Другие утверждают, что клетки с ядрами приобретают неправильную форму; что гемоглобин

накапливается в выступающей части клетки; что эта выступающая часть распадается как безъядерная частица. В настоящее время было бы нескромно высказываться в пользу любого из этих отчетов, хотя это решение имеет теоретическое значение. Если верно первое предположение, то красные кровяные тельца - это зародышевые клетки крови, потерявшие свои ядра. Если последнее утверждение соответствует действительности, вряд ли оправданно рассматривать их как клетки. Это части клеток, которые заканчивают свое существование независимо от клеточного тела и ядра, к которому они принадлежат. В качестве косвенного доказательства в пользу теории о том, что деление клеток происходит нормально и ядро впоследствии утрачивается, может быть приведено существование в костном мозге, а также в эмбриональной печени и селезенке определенных очень своеобразных клеток. Эти клетки долгое время были известны как гигантские, и все попытки объяснить их потерпели неудачу. Они относительно огромных размеров: их диаметр может быть в двадцать раз больше диаметра красного кровяного тельца. Каждая содержит огромное неправильной формы, выпуклое ядро. Отсюда клетки называются “мегакариоцитами” (крупноядерными клетками). Их не следует путать с поликариоцитами (клетками с несколькими ядрами), которые поедают разрушающуюся кость, хотя следует признать, что мегакариоциты и поликариоциты, по-видимому, генетически связаны. Предполагается, что мегакариоциты потребляют ядра, которые эритроциты выделяют в процессе своего превращения из ядродержащих клеток. Следы ядер или предметов, которые часто выглядят как ядра, обнаружены в веществе их тела. Их собственные разросшиеся, деформированные ядра, по-видимому, являются результатом избытка ядерной пищи. Безусловно, примечательно, что мегакариоциты не встречаются среди млекопитающих. Они не встречаются ни у одного животного, у которого красные кровяные тельца сохраняют свои ядра. Поликариоциты в большом количестве содержатся в костях растущих птиц. Они, очевидно, извлекают кость из ситуаций, в которых ее приходится смещать, чтобы изменить форму кости в целом. Но у птиц нет мегакариоцитов. С другой стороны, мегакариоциты присутствуют в печени, а затем и в селезенке млекопитающих в периоды, когда в этих органах наиболее активно происходит кроветворение. Из печени они рано исчезают. У большинства млекопитающих они исчезают из селезенки примерно во время рождения; но у некоторых — например, у ежа — они присутствуют в селезенке на протяжении всей жизни.

Гемоглобин - это вещество, обладающее свойством соединяться с кислородом с образованием оксигемоглобина — соединения, из которого кислород, опять же, очень легко выводится. Он чрезвычайно растворим, но может кристаллизоваться при добавлении алкоголя в кровь после освобождения гемоглобина от тельцов путем замораживания и оттаивания. Из крови человека и большинства других животных он кристаллизуется в форме ромбических призм, как в окисленном (оксигемоглобин), так и в неокисленном состоянии. Добавление кислорода не влияет на его кристаллическую форму; хотя он и кристаллический, он абсолютно не диффундирует. Это связано с большим размером его молекулы, которая, вероятно, больше, чем у любого другого вещества, способного к кристаллизации.

Процентный состав гемоглобина близко соответствует процентному составу альбумина и других белков, с одним из важнейших отличий: он содержит определенную долю железа — 0,336%. То, что процентное содержание углерода, водорода, азота, серы и кислорода должно соответствовать тому, которое обычно содержится в белках, неизбежно, поскольку оно может быть расщеплено на часть, которая содержит все железо, гематин, и белковую часть, напоминающую альбумин; а последний составляет 96%. из-за его веса.

Нет никаких сомнений в том, что его ценность как переносчика кислорода зависит от присутствия железа. Что касается поглощения и отвода кислорода, то гематин ведет себя примерно так же, как гемоглобин; тогда как, если из гематина удалить железо, “не содержащий железа гематин” теряет свою дыхательную ценность. Почти наверняка молекула гемоглобина содержит единственный атом железа. Исходя из этого предположения, можно вычислить его молекулярную формулу. Она не совсем одинакова для всех животных, хотя различия незначительны. Для крови лошади она следующая:



Это означает молекулярную массу 16708. Мы приводим цифры, потому что свойства гемоглобина будут лучше поняты, если иметь в виду его огромную молекулярную массу. В некотором смысле, причину большого размера его молекулы искать недалеко. Атомный вес железа (Fe = 56) намного больше, чем у любого из других элементов, содержащихся в гемоглобине. Молекула должна быть очень большой, чтобы атом железа удерживался на плаву. Как бы то ни было, корпускулы тяжелее плазмы, которая их окружает, примерно в соотношении 13 к 12. Хотя гемоглобин является кристаллизующимся веществом, его огромная молекула абсолютно не поддается диффузии. Он не может проходить через мембрану. Это не имеет значения в отношении отношения гемоглобина к стенкам капиллярных кровеносных сосудов, поскольку он содержится в кровяных тельцах; но это имеет большое значение в отношении его отношения к дискам, которые его несут. Очень небольшого количества обволакивающего вещества достаточно, чтобы предотвратить его попадание в плазму крови. Большие молекулы удерживаются вместе и изолируются от жидкости, в которой они плавают, минимальным количеством нерастворимого глобина.

Железо, необходимое для выработки гемоглобина, получают как из мяса, так и из овощей. Компоненты обычной диеты обеспечивают от 2 до 3 сантиграммов железа в день. Вся кровь содержит около 4-5 граммов. Когда кровяные тельца разрушаются в селезенке, железо, содержащееся в их пигменте, в значительной степени реабсорбируется и становится доступным для дальнейшего использования. Железа в смешанном рационе более чем достаточно, чтобы компенсировать любые потери. В молоке содержится чрезвычайно мало железа. Перед рождением печень и селезенка накапливают запасы железа, которых хватает до конца периода кормления грудью, если только он не будет чрезмерно затянут. Если он затягивается, у ребенка может развиться анемия. Железо применяется при лечении анемии с тех пор, как сто пятьдесят лет назад было обнаружено его присутствие в красных сгустках крови. Врачи согласны с тем, что при анемии молодых людей это полезно; но наблюдения, сделанные с целью получения определенных данных относительно увеличения количества кровяных телец, которое является результатом введения железа, без каких-либо других изменений в диете или привычках пациента, не дали соответствующих результатов. Некоторые наблюдатели получили увеличение содержания железа в органических соединениях, другие - в неорганических соединениях; одни выступают за малые дозы, другие - за очень большие. Как и при медикаментозном лечении других патологических состояний, трудно отделить действие препарата от эффектов улучшения общего режима. Тем не менее врачи сходятся во мнении, что железо усиливает благотворное воздействие свежего воздуха и улучшенного питания.

При нанесении удара по поверхности тела эффект удара сначала проявляется покраснением. Ничто не указывает на разрыв мелких кровеносных сосудов и вытекание крови под кожу. На

следующий день поврежденный участок становится красновато-фиолетовым. Синяк становится синим, зеленым, желтым и в конечном итоге исчезает. В процессе всасывания оксигемоглобин подвергается разложению. Сначала удаляют его белковую составляющую, оставляя цветной пигмент, содержащий железо, называемый “хематин”; вскоре он восстанавливается из-за потери кислорода до хемохромогена. Когда сэр Джордж Стоукс впервые описал спектр крови (ср. с. 185), он показал, что поскольку гемоглобин может существовать в окисленном и неокисленном состоянии, различаемых по их спектрам, то также может существовать окрашенный остаток, который остается после удаления из гемоглобина белковой составляющей. Этот окрашенный остаток в окисленном состоянии он назвал “хематином”; в неокисленном состоянии - “восстановленным хематином”. Восстановленный Стоксом гематин теперь называется “хемохромогеном”. “Хемохромоген” означает окрашенное ядро гемоглобина. Хотя он не присутствует в гемоглобине в виде хемохромогена — следовательно, мы не должны говорить о гемоглобине как о состоящем из белка, х, плюс хемохромоген, у — именно его окрашенному остатку гемоглобин обязан своей ценностью как переносчика кислорода. Позже железо удаляется из хемохромогена, оставляя гематоидин, вещество, часто обнаруживаемое в месте старых кровоизлияний, где оно может оставаться неизменным в течение очень длительного времени. Гематоидин, по-видимому, идентичен желтому пигменту желчи, билирубину. Зеленый цвет, который проявляется в синяке, по-видимому, указывает на то, что в первую очередь образуется более окисленный желчный пигмент, биливердин. Красные тельца, разрушаясь в селезенке, подвергаются преобразованиям, подобным тем, которым подвергается кровь при попадании под кожу. Их белок используется фагоцитами, которые их поедают. Их железо запасается для использования кроветворными клетками красного костного мозга. Пигмент, который остается в виде остатка гемоглобина, переносится селезеночной веной в печень, которая выделяет его в виде желчного пигмента. Такое количество желчного пигмента, которое реабсорбируется стенками пищеварительного тракта, в конечном итоге выводится в виде пигмента с мочой.

Такова история изменений, которым подвергается пигмент крови в живом организме. В определенной степени его химический состав можно проследить в лаборатории; но следует помнить, когда мы рассматриваем химический состав такого сложного вещества, как гемоглобин, что продукты, которые могут быть получены из него в лаборатории, не обязательно являются теми, в которые он превращается в организме. В лабораторных условиях оксигемоглобин легко превращается в метгемоглобин, вещество того же процентного состава, но с более прочно закрепленным кислородом. Метгемоглобин может разлагаться на белковое вещество и гематин. Гематин при воздействии на него восстановителей становится хемохромогеном. Хемохромоген при воздействии такого восстановителя, как смесь олова и соляной кислоты, приводит к образованию окрашенных тел, очень похожих на желчные пигменты - не в том виде, в каком они выделяются с желчью, а в том, в каком они появляются в моче. Невозможно доказать, что изменение цвета синяка указывает на последовательность химических превращений гемоглобина в желчный пигмент, но не исключено, что такое описание верно. Тест, обычно используемый для определения присутствия желчного пигмента, т.е. билирубина, представляет собой игру цветов, которую он проявляет при окислении дымящейся азотной кислотой. Из желтого он превращается в зеленый, в синий, а затем в фиолетовый, более или менее меняя цвет синяка. Совершенно очевидно, что вытекшая кровь претерпевает изменения по линиям, которые если и не идентичны тем, по которым кровь проходит на своем пути к желчному пигменту, то, во всяком случае, очень похожи.

**Свертывание лимфы и крови.**—Через две-три минуты после пролития крови она начинает сворачиваться. Через десять минут сосуд, в который она была получена, может быть перевернут без пролития крови. Через некоторое время желе, содержащее все кровяные тельца, стягивается со стенок банки. Из него выдавливается прозрачная жидкость соломенного цвета - сыворотка. Сгусток продолжает сокращаться до тех пор, пока через несколько часов примерно половина массы крови не превратится в сгусток, а другая половина - в сыворотку. Лимфа свертывается подобно крови, но большинство образцов свертываются медленнее, и продукт получается менее твердым.

Когда за процессом наблюдают в микроскоп - несколько капель почти бесцветной, прозрачной крови омара предоставляют прекрасную возможность изучить образование сгустка — видно, что из многих центров выходят бесчисленные нити самого тонкого строения. Они размножаются до тех пор, пока не образуют войлочную ткань. В случае крови, полученной от позвоночного животного, эта войлочная ткань удерживает кровяные тельца в своих ячейках. Ее нити проявляют заметную тенденцию к сокращению. Они укорачиваются настолько, насколько позволяют заключенные в них тельца.

Можно предотвратить опутывание кровяных телец нитями, взбивая кровь с момента ее пролития пучком веток или проволоки. Фибрин собирается на проволочках, в то время как тельца остаются в сыворотке крови. Если этот фибрин промыть в проточной воде до удаления всей прилипшей сыворотки и кровяных телец, он представляет собой мягкую белую волокнистую субстанцию, которая при высыхании напоминает изостекло.

Свертывание крови - это защита от кровотечения. Кровь, вытекающая из царапины или крошечной ранки, сворачивается, образуя естественный пластырь, предотвращающий дальнейшее кровотечение. Это практически не влияет на сопротивление сильному потоку крови. Но чистый разрез крупного сосуда - это несчастный случай, который редко случается в результате естественных причин. Это не тот вид травмы, которому подвержены животные. Когда артерию перерезают тупым инструментом, мышечные волокна ее стенки сокращаются. Они закупоривают сосуд. Кровь сворачивается в месте повреждения сосуда и закупоривает его. Это происходит также, когда хирург перевязывает артерию. Он тщательно затягивает лигатуру достаточно туго, чтобы раздавить ее стенку. Его чувствительные пальцы чувствуют, как она поддается. Он останавливается до того, как нить прорезала ее. Как будет объяснено позже, свертыванию крови способствует контакт с поврежденной тканью. Если при перевязке артерии ее стенка не будет раздавлена, кровь в ней может оставаться жидкой. Когда она умело перевязана, кровь сворачивается, образуя прочную пробку, которая практически является частью артерии, к тому времени, когда шелковая нить, использованная при перевязке, выбрасывается из-за отмирания кольца ткани, которое она сжимала. После удаления зуба полость закрывается, а дальнейшее кровотечение останавливается свернувшейся кровью.

Когда крупные сосуды перерезаны, последующее обильное кровотечение вызывает обморок. На короткое время сердце останавливается или бьется очень слабо. Кровяное давление падает. Кровеносные сосуды сокращаются. Успевают образоваться тромб. Эмоциональная склонность падать в обморок при виде крови - это условие, позволяющее задействовать различные причины, останавливающие кровотечение. Это полезное рефлекторное действие, всегда предполагающее, что человек, подверженный ему, падает в обморок при виде собственной крови. Среди других причин большей стойкости женщин — они гораздо менее

подвержены этому эмоциональному рефлексу, чем мужчины, — можно было бы назвать обстоятельства жизни первобытных людей. В обязанности их женщин входило перевязывать раны, а не принимать их.

Феномен свертывания привлекал внимание с самых ранних времен. Это явление нуждалось в объяснении, и кулинарный опыт подсказывал аналогии, которые были под рукой. Гиппократ объяснял свертывание крови ее остановкой и похолоданием. Кровь, хлынувшая из раны воина, образовала неподвижную лужицу рядом с ним. По мере остывания она превращалась в желе. До второй четверти девятнадцатого века эта теория считалась достаточной. Затем двум людям пытливого ума пришлось в голову провести контрольные эксперименты. Джон Дэви поставил на плиту блюдо с кровью. Уильям Хантер продолжал трясти одно из них. В обоих экспериментах кровь свертывалась быстрее, чем в сосудах того же размера, содержащих одинаковое количество той же крови, оставленных на столе.

Еще до этой даты было сделано наблюдение относительно обстоятельств, при которых происходит свертывание крови, которое пролило много света на причины этого явления. В 1772 году Хьюсон аккуратно перевязал вену в двух местах. Через пару часов он вскрыл вену. Кровь все еще была жидкой, но после пролития свернулась обычным образом. Скудамор показал, что в закрытой колбе кровь сворачивается медленнее, чем в открытой. На этих наблюдениях была основана новая теория, столь же мало заслуживающая доверия, как теория Гиппократа. Кровь свертывалась под воздействием воздуха. Запись всех наблюдений за условиями свертывания и всех теорий, которые они породили, составила бы исключительно интересную главу в истории человеческой мысли. Это выдвинуло бы на первый план этапы развития того, что сейчас известно как “научный метод”. Не то чтобы у науки был свой собственный метод. Философы всех классов следовали бы одному и тому же методу, если бы их данные позволяли его применять. Особенность данных, с которыми имеет дело наука, заключается в том, что они могут быть подвергнуты проверке, которой не поддаются данные исторической, политической или экономической теории. С ними можно столкнуться с помощью контрольных экспериментов. Контрольный эксперимент - это алфавит и синтаксис научного метода. Ни одна гипотеза не допускается в пирамиду теории, пока она не пройдет эту проверку. Наблюдается естественное явление. Проводятся и регистрируются все применимые измерения — время, вес, температура, цвет. Научное наблюдение подразумевает сведение в таблицу всех деталей, которые могут быть выражены статистически. Размышляя об отношении этого явления к другим явлениям подобной природы, философ — нас интересует философия физиологов — формулирует гипотезу относительно его причины. С этого момента начинаются настоящие трудности применения научного метода. Легко формулировать гипотезы. Очень сложно разработать контрольные эксперименты. Должен быть организован эксперимент, который обеспечит воспроизведение всех других условий, при которых наблюдалось возникновение явления, но условие, которое было *ex hypothesi* его причиной, должно быть опущено. Этот экскурс в философию науки может показаться несколько далеким от нашего направления, но, возможно, он ускорит наш прогресс в понимании истории физиологии. Нет другой науки, в которой контрольный эксперимент играл бы столь же важную роль. Если этого не осознать, все направление экспериментальной работы будет понято неправильно. Скадамор объяснил коагуляцию контактом с воздухом. Основываясь на приведенных нами наблюдениях, ни одна гипотеза не могла показаться более разумной. С целью проверки этой гипотезы кровь набирали в ртутную пробирку. Она свертывалась в вакууме Торричелли. Гипотеза Скудамора, как и многие



другие ранее и позже, когда он столкнулся с контрольным экспериментом, была отвергнута со стыдом.

Свертывание крови - свойство плазмы. Эритроциты не играют никакой роли в этом процессе. Свертывание крови не происходит в живом здоровом сосуде. Это происходит, когда поврежден сосуд, и особенно когда повреждена его внутренняя оболочка. Это ускоряется при контакте с поврежденными тканями, особенно с поврежденной кожей. Контакт с инородным телом также запускает коагуляцию. Если шелковую нить протягивают через кровеносный сосуд из стороны в сторону, волокна фибрина выходят из нити, а также из раны, нанесенной сосуду иглой, которой она была протянута.

Плазма содержит вещество, которое превращается в фибрин. Его называли “фибриногеном”. Оно присутствует в лимфе и почти во всех формах выделяемой лимфы. Если хлорид натрия (обычная соль) добавлять в плазму до тех пор, пока она не станет наполовину насыщенной — пока не растворится вдвое меньше максимального количества, которое она может растворить, — фибриноген выделяется в виде хлопьевидного осадка. Его можно повторно растворять и повторно осаждать до тех пор, пока он не станет чистым. Когда фибриноген был отделен от плазмы, был сделан шаг к объяснению процесса свертывания. При определенных условиях фибриноген превращается в фибрин. Вопрос, который тогда требовал решения, заключался в следующем: что это за вещество, которое, воздействуя на фибриноген или соединяясь с ним, превращает его в фибрин? Ключ к решению этого вопроса был получен из рассмотрения определенных наблюдений, сделанных Эндрю Бьюкененом в 1830 году, но долгое время игнорировавшихся, поскольку их значение не было понято. Бьюкенен наблюдал, что некоторые образцы лимфы, выделяющиеся в лимфатическое пространство - например, в брюшную полость, — сворачиваются; другие - нет. Он заметил, что они сворачиваются, когда из-за прокола небольшого кровеносного сосуда в процессе их удаления они окрашиваются кровью. Решив выяснить, какой из компонентов крови эффективен для придания некогулируемым выделениям способности к свертыванию, он по очереди добавил к ним красные кровяные тельца, сыворотку и смывы с тромбов. Было обнаружено, что любой из двух последних препаратов содержит вещество, провоцирующее образование тромбов. Тридцать лет спустя немецкий физиолог получил фибриноген из выпотевшей лимфы, осаждавая его солью. Он также обрабатывал сыворотку аналогичным образом, выделяя белок, который он назвал фибринопластином. Когда эти два вещества были растворены и растворы смешаны, он получил сгусток, который он рассматривал как соединение фибриногена и фибринопластина. Впоследствии он обнаружил, что смесь не всегда сворачивается, но он обнаружил, что если он коагулировал кровь спиртом и смывал этот остаток, промывки, добавленные к только что упомянутому смешанному раствору, неизменно приводили к образованию сгустка. Полагая, что вещество, которое он получил из своей свернувшейся от алкоголя крови, не могло быть протеидом, он назвал его “фибриновой закваской”. Он пренебрег контрольным экспериментом. Ему не удалось установить, необходимы ли все три вещества. Если бы он попытался добавить к фибриногену фибриновый фермент, он обнаружил бы, что дальнейшее добавление фибринопластина не требуется. Он не установил, как мог бы сделать, что вес образующегося фибрина несколько меньше, а не больше, чем вес используемого фибриногена. (Фибриноген выделяет определенное количество глобулина, когда он превращается в фибрин.) Он также ошибался, полагая, что вода, которую он добавил к крови, свернутой спиртом, не растворяет белок. Его “фибриновая закваска” всегда связана с белком. Поскольку он также может быть получен из лимфатических желез, вилочковой железы и других тканей, содержащих

лимфоциты, было сделано предположение, что он сам по себе является белком класса, известного как нуклеопотеины. Предполагалось, что тот факт, что он разрушается при такой низкой температуре, как 55 ° С. Это подтверждает теорию о том, что это белок. Но что касается химической природы фибриновой закваски, как и всех других ферментов, то в настоящее время мы находимся в неведении. При обычных обстоятельствах, когда происходит образование тромбов, фибриновый фермент, или плазмаза, или тромбин — он получил различные названия — высвобождается лейкоцитами. Жидкости, содержащие фибриноген, сворачиваются при добавлении “фермента”, который либо секретируется лейкоцитами, либо высвобождается из лейкоцитов при их распаде, что они очень склонны делать, как только нарушаются условия, от которых зависит их здоровье.

Свежепролитая кровь содержит мельчайшие частицы, называемые “тромбоцитами”, диаметр которых составляет примерно четверть диаметра красного кровяного тельца. Когда внутренняя оболочка сосуда повреждена, тромбоциты скапливаются в поврежденном месте. Они образуют небольшую белую кучку, из которой начинается коагуляция. Очевидно, они поставляют фермент или предшественник фермента. Пока их происхождение не прослежено. Они слишком велики, чтобы быть неизменными гранулами гранулярных лейкоцитов, но представляется вероятным, что они каким-то образом произошли от лейкоцитов.

Дальнейшее изучение коагуляции показало, что условия, при которых она происходит, более сложны, чем могло бы показаться из только что приведенного простого объяснения. Это объяснение, насколько это возможно, справедливо, но недавно были выявлены факты, связанные с деталями процесса, которые предупреждают физиологов о том, что пока его теория свертывания крови неполна.

Наличие солей извести имеет важное отношение к коагуляции. Если кровь налить в сосуд, в который было помещено немного порошкообразного оксалата калия, или мыла, или любого другого химического вещества, связывающего известь, кровь не свертывается. Все остальные условия такие же, как обычно, но известь выводится из плазмы. Несвертывание оксалатной плазмы интерпретировалось как указание на то, что известь под влиянием фибринового фермента соединяется с фибриногеном с образованием фибрина; что фибриноген, измененный фибриновым ферментом, соединяется с известью. Эта гипотеза была основана на аналогии со свертыванием молока. Молоко не может свернуться, если в нем нет извести. Если ренин (молочная закваска), приготовленный из молока, из которого удалена известь, добавить в раствор казеиногена (свертываемого белка молока), также приготовленного из молока без извести, творога не получится. Добавление нескольких капель раствора хлористой извести приводит к немедленному свертыванию смеси. Очевидно, что ренин настолько изменяет казеиноген, что приводит его в состояние, пригодное для соединения с известью. Но эта аналогия не подходит для крови. В случае плазмы известь действует не на фибриноген, а на фибриновый фермент - или, скорее, на предшественник фибринового фермента — таким образом, что делает его эффективным. Лейкоциты вырабатывают протромбин, который при контакте с солями извести превращается в тромбин, который свертывает фибриноген.

Фибриноген - это вещество, которое фибриновая закваска в сочетании с солями извести превращает в фибрин. Однако даже сейчас история не завершена, если рассматривать теорию коагуляции в современном свете. В артерию птицы вводят идеально чистую канюлю. Если ее ввести значительно дальше того места, где был перерезан сосуд, если сосуд перевязать так

аккуратно, чтобы не повредить его внутреннюю оболочку, и если дать крови, которая первой проходит через канюлю, выйти наружу, то впоследствии собранная кровь не свернется. Он содержит фибриноген, соли извести и фибриновую закваску, обычно так называемую; но закваска неэффективна. Добавление к крови фрагмента поврежденной ткани или водянистого экстракта практически любой ткани немедленно запускает процесс свертывания. Это наблюдение приводит фибриновую закваску в соответствие с другими заквасками. Пищеварительные ферменты секретируются в виде зимогенов, на которые необходимо воздействовать киназой, прежде чем они приобретут ферментативную активность. Точно так же тромбоген должен быть превращен в тромбин под влиянием тромбокиназы, прежде чем он сможет воздействовать на фибриноген. Почти все ткани вырабатывают киназу, которая активирует фермент фибрина. Полезность этого положения очевидна. Кровь птицы содержит все необходимое для образования сгустка, за исключением тромбокиназы. Травма, в результате которой кровь соприкасается с поврежденной поверхностью, снабжает эту ферментацию ферментом. Фибрин -фермент, ставший активным, сразу превращает фибриноген в фибрин. Такое же взаимодействие необходимо до того, как кровь млекопитающего станет восприимчивой к свертыванию. Но кровь млекопитающего еще более склонна к свертыванию, чем кровь птицы; поскольку не только поврежденная поверхность обеспечивает ее тромбокиназой, но и лейкоциты, содержащиеся в крови, при повреждении также выделяют ее. И лейкоциты чрезвычайно чувствительны к любому изменению обстоятельств; при малейшем признаке того, что условия ненормальны, они высвобождают, возможно, вследствие собственного распада, киназу, которая превращает тромбоген в тромбин.

Существует конституциональное заболевание, к счастью, редкое, при котором кровь не свертывается. Говорят, что человек, подверженный этой аномалии, страдает гомофилией. Утверждается, что это состояние вызвано дефицитом извести в крови; а дефицит извести, как говорят, вызван избытком фосфатов. Субъект страдает фосфатурией. Его почки избавляются от переизбытка фосфатов, выводя их из организма в сочетании с известью. Если это объяснение верно, то в крови имеется хроническая недостаточность извести, потому что она постоянно выводится в процессе выведения фосфатов.

Трудность на пути создания полной теории свертывания крови возрастает, когда рассматриваются явления несвертываемости. Кровь может стать неспособной к свертыванию различными способами. Пиявки и другие животные, которые сосут кровь, обладают способностью делать ее несвертывающейся. Если у десятка пиявок удалить головы, опустить в абсолютный спирт, высушить, измельчить в мельнице для перца, экстрагировать обычным физиологическим раствором, получится темный мутный ликер. Этот раствор после фильтрации и стерилизации при температуре 120°C, введенный в вены животного, делает его кровь несвертывающейся.

Препарат, продаваемый аптекарями под названием “пептон”, при введении в вены собаки приводит к нарушению свертываемости ее крови. Коммерческий “пептон” представляет собой смесь многих веществ. Его антикоагулянтный эффект обусловлен не пептоном, который он содержит. Предполагалось, что это происходит из-за несовершенного переваренных альбумина и желатина (протеозы), но активными телами, скорее всего, являются продукты бактериальной ферментации (токсины и птомаины). Мало того, что пептонизированная кровь собаки не свертывается, но если эту кровь ввести в вены кролика (животного, на которое прямая инъекция пептона не оказывает никакого эффекта), это снижает свертываемость крови кролика. Если

пептонизированную кровь смешать в мензурке с непептонизированной кровью, это предотвратит свертывание последней. Нет никаких сомнений в том, что яд, каким бы он ни был, действует на лейкоциты; и есть некоторые основания полагать, что яд содержится не в “пептоне”, а выделяется печенью животного, которому был введен “пептон”.

Лейкоцитам следует приписать еще более замечательное свойство в отношении свертывания крови. Кровь собаки, которая стала несвертывающейся в результате инъекции пептона, через некоторое время восстанавливает свою свертываемость. При дальнейшей инъекции “пептона” у животного обнаруживается иммунитет. Инъекция “пептона” больше не приводит к нарушению свертываемости крови. Аналогичным образом кровь развивает способность сопротивляться действию агентов, которые вызывают ее свертывание, циркулируя в сосудистой системе. Нуклеопротейны, содержащиеся в экстрактах лимфатических желез и других органов, при введении в вены живых животных вызывают свертывание их крови при условии, что они вводятся в достаточном количестве. Если они вводятся в количестве, меньшем, чем достаточное для индукции свертывания, они делают животное невосприимчивым к их воздействию. Большее количество, введенное животному, подготовленному таким образом, не оказывает эффекта. Это ставит явления свертывания и сопротивления свертыванию крови на грань химии. Они распространяются на область, в которой царит патология. Каким бы заманчивым ни было зафиксировать другие факты, касающиеся этих явлений, которые выявило недавнее исследование, вероятно, разумно оставить проблему на границе. По ту сторону границы раскинулась очаровательная земля, богатая невообразимыми возможностями для человечества. Заселение быстро продвигается в этой стране, которая обозначена, как и другие пограничные земли, варварскими названиями: “антитела”, “гапторы”, “амборецепторы”, “токсины”, “антитоксины” и тому подобными указательными знаками на гипотезы, которые демонстрируют все признаки поспешного и временного строительства. Но определенные факты бросаются в глаза, каким бы образом теория ни связала их в будущем. Вирус гидрофобии, модифицированный при передаче через кролика, развивает у людей, даже при инъекции после того, как они были инфицированы, способность сопротивляться гидрофобии. Сыворотка лошади, приобретшей иммунитет к дифтерии, помогает крови ребенка, у которого еще не успел выработаться иммунитет, уничтожить микробы этой болезни. Это состязание между кровью и вредными организмами всех видов, которые находят в ней доступ, будь то живые микробы или яды в растворе; в конечном итоге победа всегда на стороне крови, при условии, что ее владелец тем временем не умрет. И кровь не только побеждает в борьбе с любым данным захватчиком, но и, дав ему отпор, надолго сохраняет свойство, нейтрализующее все дальнейшие попытки агрессии с его стороны. В прошлом врачи боролись с болезнями с помощью такого неуклюжего оружия, как ртуть, мышьяк и хинин. Теперь они предупреждают болезнь. В имитационной войне с ослабленным вирусом кровь обучена бороться. Оспа, попавшая в организм коровы, подавляется естественной силой крови. Упражнение развивает навык борьбы с наиболее опасными микробами того же вида. В случаях, когда врачи не могут предвидеть заболевание у людей, они готовят кровь животных к встрече с ним; и, имея в запасе свою сыворотку, они могут, когда наступит критический момент, усилить боевую мощь пациента этой корыстной помощью.

**Селезенка.**—Селезенка расположена на левой стороне тела, и скорее по направлению к спине. Она находится между желудком и внутренней поверхностью восьмого, девятого, десятого и одиннадцатого ребер. Его быстро отличают от других органов по коричнево-фиолетовому цвету, мрачному оттенку, которому он был обязан своей дурной репутацией у

юмористов. Желтая желчь печени окрашивала ментальный кругозор человека, мешая ему видеть объекты в их естественной яркости; но селезенка вырабатывала черную желчь, которая, поднимаясь к мозгу, проявляла свое пагубное влияние на деятельность этого органа в наихудшем настроении.

Селезенка заключена в капсулу небольшой прочности. Внутри капсулы находится “селезенка-пульпа”. Когда свежий орган разрезают поперек, видно, что, хотя большая часть мякоти имеет цвет темной венозной крови, она испещрена светлыми пятнами. У некоторых животных — например, у кошки — эти белесые пятна представляют собой небольшие круглые пятна, регулярно расположенные на определенном расстоянии от капсулы. Различие между “красной мякотью” и “белой мякотью” обозначает разделение на два вида тканей с совершенно разными функциями. Белая пульпа представляет собой лимфоидную ткань, лимфатические фолликулы, развившиеся в наружной или соединительнотканной оболочке ветвей селезеночной артерии. Его функция заключается в выработке лимфоцитов, в избытке которых, по причинам, которые вскоре станут известны, нуждается селезенка. Строение красной пульпы совершенно иное и свойственно только селезенке. Ветви селезеночной артерии обычным образом разделяются на все более мелкие веточки, пока не достигают тончайших артериол; но эти артериолы не дают начала капиллярным сосудам. В точке, в которой в любом другом органе их ветви достигли бы размера капилляров, клетки соединительной ткани, образующие их стенки, разбегаются в ретикулум. Это уже не плитки с плотно прилегающими, извилистыми, “ласточкиными” краями, а звездчатые ячейки с длинными тонкими отростками, объединяющимися в сеть. Кровь, которую артериолы доставляют к пульпе, не проводится закрытыми капиллярными сосудами через пульпу к начинающимся селезеночным венам. Она участвует в общей работе губки. Вены начинаются точно так же, как заканчиваются артериолы. Звездчатые клетки соединительной ткани становятся плоскими плитками, расположенными ребро к краю. Эндотелий артериолы можно сравнить с колонной людей, марширующих плечом к плечу, по три или четыре в ряд; соединительную ткань пульпы - с толпой на открытом месте. Колонна распадается на скопление. С другой стороны, скопление относится к разряду эндотелия вен. Капсула и красная пульпа в значительной степени состоят из мышечных волокон. Они расслабляются и сокращаются примерно раз в минуту. При их сжатии из губки выдавливается кровь.

Если селезенка заключена в герметичный бокс (онкометр), от которого трубка ведет к манометру — барабану, покрытому тонкой мембраной, на который опирается конец рычага, или изогнутому столбику ртути, на котором он плавает, — манометр показывает изменения объема селезенки. Длинным концом рычага, который регистрирует колебания давления в манометре, можно провести линию на почерневшей от сажи поверхности дорожной бумаги. Таким образом, получается запись изменений объема органа, которую можно изучить на досуге. Это показывает, что селезенка чувствительна к каждому изменению давления в селезеночной артерии. Маленькие насечки на чертеже соответствуют ударам сердца. Кривые большего размера регистрируют изменения кровяного давления в результате дыхания. Длительный медленный подъем и опускание отмечают ритмичное расширение и сокращение самой селезенки.

Одна из трех крупных артерий, на которые делится ось селезенки, доставляет кровь в селезенку непосредственно из аорты. Селезеночная вена соединяется с воротной веной незадолго до того, как она попадает в печень. Таким образом, селезенка помещается в большую сосудистую

петлю, которая направляет кровь вскоре после того, как она покинула сердце, из аорты через селезенку в печень.

Своеобразное строение пульпы селезенки, благодаря которому кровь более или менее задерживается в ее губчатой структуре, и передача в печень крови, выходящей из селезенки, указывают на то, что это орган, в котором сама кровь подвергается некоторому воздействию. Она не проходит через нее, как через все другие части тела, по закрытым трубкам. Селезенка - это резервуар, или фильтрующее ложе, в которое поступает кровь.

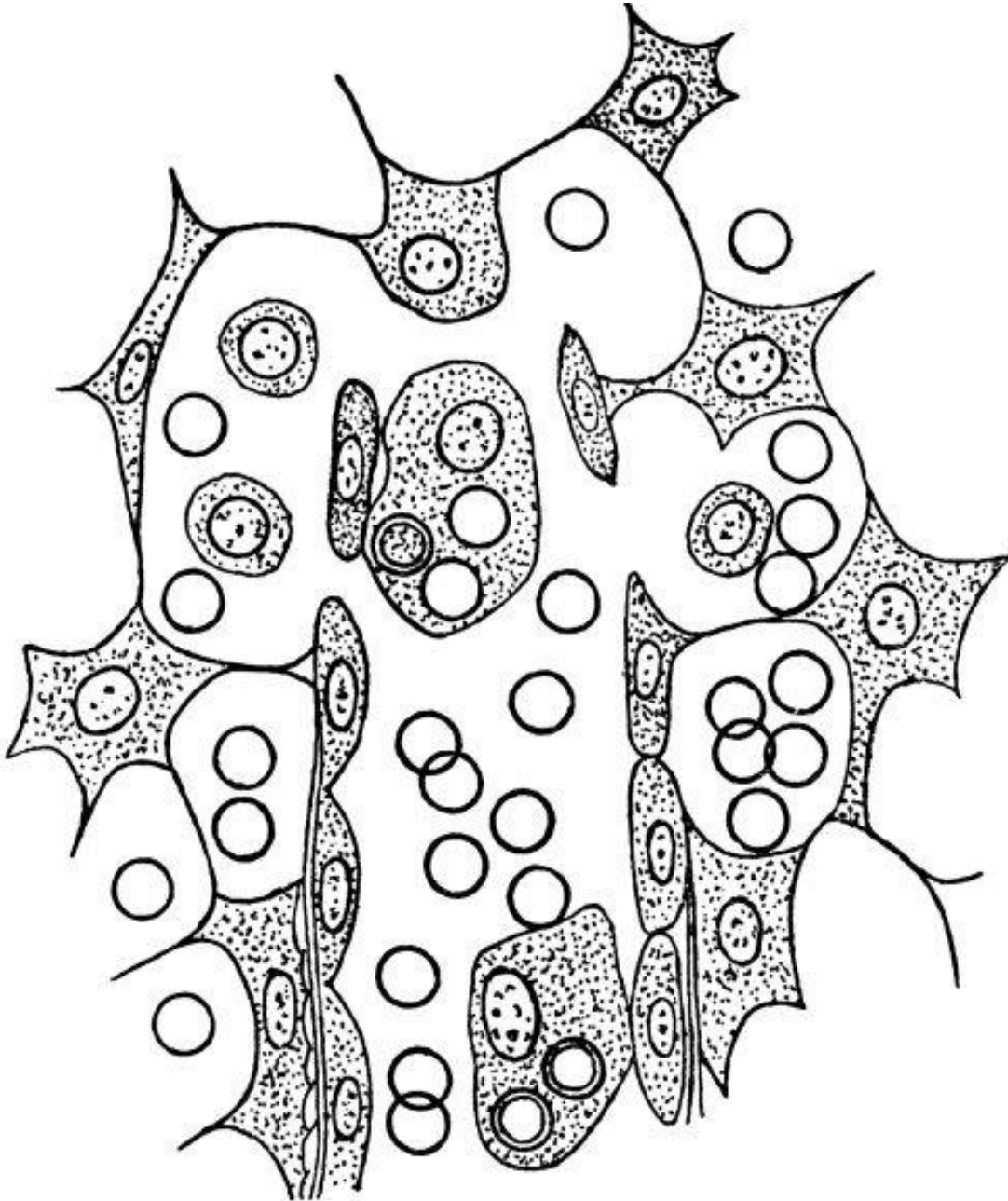


Рис. 5. Крошечный участок мякоти селезенки, очень сильно увеличенный.

Звездчатые клетки соединительной ткани образуют пространства, содержащие красные кровяные тельца и лейкоциты. В центре диаграммы показан способ возникновения вены. Он содержит два фагоцита — верхний с ядром, два только что проглоченных красных кровяных тельца и одно, частично переваренное в его телесном веществе; нижний с двумя красными тельцами.

Красные кровяные тельца млекопитающих представляют собой клетки без ядер и с небольшим количеством протоплазмы, если таковая вообще имеется. Они всего лишь носители для переноса гемоглобина. Мы бы отказали им в статусе клетки, если бы можно было установить предел, при достижении которого структурная единица перестает иметь право называться клеткой. Это беспомощные создания, неспособные обновить свою субстанцию или возместить какой-либо ущерб, которому они особенно подвержены из-за превратностей их непрерывной циркуляции. Невозможно с какой-либо точностью сказать, как долго они длятся, но, вероятно, их средняя продолжительность сравнительно невелика. Селезенка представляет собой лабиринт тканевых пространств, через которые через равные промежутки времени проходят все эритроциты. Если они чистые, твердые, эластичные, они проходят беспрепятственно. Если они устарели, они разрушаются. В углублениях пульпы селезенки лейкоциты настигают отстающих в кровотоке, прикрепляют к ним свои псевдоподии, втягивают их в свое телесубстанцию, переваривают. Белковую составляющую гемоглобина они используют, предположительно, для собственного питания. Железосодержащее красящее вещество, которое они разлагают и выделяют из организма на две части; железо (возможно, в сочетании с белком); красящее вещество без железа в качестве пигмента или предшественника пигмента, которое печень выделяет с желчью. Гемоглобин, несомненно, является источником билирубина, и общие соображения приводят к выводу, что в селезенке он расщепляется на белок, железо и пигмент, не содержащий железа; но детали этого процесса никогда не проверялись химическим анализом. В крови селезеночной вены не могут быть обнаружены ни желчный пигмент, ни соединение железа. Единственным доказательством высвобождения железа в селезенке является тот факт, что при анализе селезенка выделяет исключительно большое количество этого металла (печень также выделяет железо), и что это количество наиболее велико, когда красные кровяные тельца быстро разрушаются.

Как правило, очень трудно обнаружить лейкоциты в процессе поедания красных кровяных телец; но при различных обстоятельствах их активность в этом отношении может быть стимулирована до такой степени, что на микроскопическом препарате видно, что они усердно заняты этой операцией. Автору посчастливилось подготовить селезенку, которая оказалась особенно подходящей для этого наблюдения (рис. 5). Его метод был примером того, как не следует проводить физиологический эксперимент. Поместив канюлю в аорту кролика, только что убитого хлороформом, он продолжал вымывать кровь из его кровеносных сосудов струей теплого физиологического раствора, когда бутылка, из которой тек солевой раствор, опрокинулась. Опасаясь, как бы пузырь воздуха не попал в канюлю, он поспешно налил теплой воды в скороварку и добавил немного соли в надежде, что получится раствор примерно 0,9%. Раствору соли давали проходить по кровеносным сосудам в течение чуть более часа. Когда разрезали срезы селезенки после соответствующего отверждения, было обнаружено, что каждый срез заполнен лейкоцитами, насыщенными красными тельцами. Некоторые тельца были только что проглочены; из других уже был удален гемоглобин. Возможно, по какой-то неизвестной причине разрушение красных кровяных телец происходило у данного конкретного кролика с необычной быстротой в то время, когда он был убит; но представляется более вероятным, что лейкоциты животного были спровоцированы к чрезмерной активности

изменениями в красных кровяных тельцах, вызванными солевым раствором, который был либо более, либо менее “токсичным”. Поскольку десятки попыток воспроизвести эксперимент с растворами разной крепости потерпели неудачу, невозможно быть уверенным, что это достоверное объяснение.

В состоянии изношенных красных кровяных телец должно быть что-то такое, что либо делает их особенно привлекательными для хищных лейкоцитов, либо делает их исключительно легкой добычей. Не требуется большого воображения, чтобы представить драму, разыгрывающуюся в селезенке. Медленно движущиеся лейкоциты ищут пищу. Большая часть красных кровяных телец проходит мимо них; некоторые задерживаются. Лейкоциты, как дети в кондитерской, не могут съесть все булочки. Необходимо сделать выбор, и предпочтение отдается липким, сладким. Эритроциты, когда они не в порядке, имеют тенденцию слипаться. Когда кровь застаивается в вене или лежит на предметном стекле слоем, достаточно тонким для микроскопического исследования, через некоторое время видны ее красные диски, склеивающиеся в руло. Притча о ребенке в кондитерской не так уж причудлива, как может показаться.

Дифференциация функций органов не так резка, как предполагалось ранее. Доказательства их взаимозависимости быстро накапливаются. Известно, что деятельность различных органов приводит к образованию побочных продуктов, называемых “внутренней секрецией”, которые влияют на деятельность других органов или даже организма в целом. Селезенка увеличивается после еды. Это может быть просто связано с нагрубанием внутренних органов брюшной полости, которое происходит во время активного пищеварения, или это может указывать, как считают некоторые физиологи, на то, что внутренняя секреция селезенки помогает поджелудочной железе в приготовлении ее ферментов. Селезенка значительно увеличивается при лихорадке и некоторых других заболеваниях микробного происхождения. Это рассматривалось как доказательство того, что она играет определенную роль в защите организма от микробов. Но какими бы ни были вспомогательные функции, которые она выполняет, они не имеют существенного значения для организма в целом, поскольку удаление селезенки не причиняет постоянных неудобств ни людям, ни животным. Его кроверазрушающие функции выполняются вспомогательной селезенкой, если таковая имеется, и лимфатическими железами. Костный мозг также становится более красным и активным. При определенных обстоятельствах в клетках печени можно увидеть эритроциты или фрагменты эритроцитов; но неясно, является ли разрушение крови постоянной функцией печени.

---

## ГЛАВА V

### ВНУТРЕННИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ

**Щитовидная железа.** По обе стороны от трахеи, немного ниже щитовидного хряща (Адамово яблоко), расположены несколько конические скопления ткани. Две массы соединены перешейком; доли и перешеек составляют щитовидную железу. Все это весит около унции. В здоровом состоянии она настолько мягкая, что только палец анатома мог бы обнаружить ее



сквозь кожу и тонкие плоские мышцы, соединяющие подъязычную кость и щитовидный хрящ с грудиной. Она не имеет видимого выступа на передней части шеи. Однако щитовидная железа подвержена увеличению, особенно у людей, проживающих в определенных районах. В Вале "зоб", как его называют, настолько распространен, что любой, кто прогуливается по долине Роны, обязательно встретит множество людей — по большей части женщин, — чьи раздутые шеи нависают над ключицами, как наполовину наполненные мешки. Зоб еще более распространен в Валле д'Аоста, на итальянской стороне Альп. В Англии это сравнительно редкое заболевание известно как "дербиширская" или "Хантингдонширская" шея.

В большинстве случаев опухоль на шее развивается медленно и не достигает своих полных размеров до достижения среднего возраста. Зоб в этой форме, хотя и неудобен, не вызывает серьезного дискомфорта. Но когда он появляется в раннем возрасте, он связан с необычным комплексом пороков развития и плохо выполняемых функций. Состояние, в которое впадает ребенок с зобом, известно как кретинизм. За исключением черепной коробки, его скелет не достигает надлежащих пропорций; и, поскольку мягкие части тела не в равной степени подвержены остановке роста, карлик тяжелый и нескладный, с большой челюстью и выпуклым брюшком. Видимость искажения чрезвычайно усиливается из-за гипертрофии кожи и подкожной соединительной ткани. Уши, веки, нос, губы, пальцы толстые и тяжелые. Волосы и ногти грубые. Кожа складчатая, морщинистая, шероховатая.

Телесная неуклюжесть кретина находит свое отражение в уродстве его разума. Он идиот, чей недостаток в основном отмечен апатией.

Кретинизм проявляется в разной степени. Описание, которое мы только что дали, было бы точным не для всех. Для краткости мы выбрали случай, который может относиться к зобному кретину определенного типа или кретину, чья щитовидная железа, вместо того чтобы демонстрировать то, что выглядит как чрезмерный рост, не смогла должным образом развиваться. Нет ничего более примечательного в отношении этого органа, чем тот факт, что состояние, связанное с его чрезмерным ростом, и последствия его атрофии или неадекватного роста одинаковы. Рассмотрение функции железы подскажет объяснение этому кажущемуся парадоксу.

Неудобства, вызванные зобом, побудили хирургов около двадцати пяти лет назад удалять опухоль в простых неосложненных случаях. Из-за доступности железы операция безопасна и легка; но было обнаружено, что за ее удалением следуют симптомы очень серьезного характера, особенно чрезмерный рост и отек подкожной клетчатки, мышечные подергивания и конвульсии, умственное притупление. Примерно в тот же день врачи признали, что болезнь микседема — названная так потому, что отек не водянистый, как при водянке, а плотный и желеобразный — возникает из-за дефицита щитовидной железы.

Ни один другой орган тела не оказывает такого странного влияния на самочувствие в целом. Ни один другой орган не имеет столь же загадочной наследственной истории. Несомненно, щитовидная железа не всегда была такой, какой мы видим ее сейчас. У допозвоночных животных она, должно быть, была совершенно иной как по структуре, так и по функциям. Однако, начиная с рыб и выше, его структура всегда одинакова. Он состоит из сферических пузырьков или шариков. Каждый шарик выстлан единственным слоем кубических эпителиальных клеток. Его полость заполнена однородным полутвердым веществом, известным как "коллоид". Шарiki объединены в группы или дольки. Они соприкасаются с крупными

широкими лимфатическими сосудами. Орган обильно снабжен кровью. Он также хорошо снабжен нервами. Коллоид - это секрет эпителиальных клеток, которые выстилают сосудистые звездочки. Поскольку эти звездочки не имеют отверстий, секрет должен проходить путем осмоса в лимфатические сосуды. Существует множество оснований полагать, что этим путем продукты жизнедеятельности железы попадают в кровь и распределяются кровью по всем тканям организма. И здесь важно отметить, что со щитовидной железой связаны определенные очень маленькие образования ткани, называемые “паращитовидными железами”. Их может быть четыре — две на протяжении крупных артерий, которые снабжают щитовидную железу сверху, две связаны с почти такими же крупными артериями, которые снабжают ее снизу; но их количество варьируется. Паращитовидные железы не содержат пузырьков. Они представляют собой твердые массы эпителиальных клеток, пронизанные кровеносными и лимфатическими сосудами. Однако, подобно эпителиальным клеткам пузырьков, они выделяют коллоид. Гранулы этого вещества можно увидеть внутри их клеток. Мы не можем обойти паращитовидные железы без этого упоминания, поскольку, какими бы маленькими они ни были, они кажутся не менее важными, чем сама щитовидная железа, судя по эффектам, которые следуют за их удалением.

У всех позвоночных животных щитовидная железа имеет признаки, которые мы описали. Какой она была у предков позвоночных рас? Его микроскопический вид у позвоночных, единственных животных, у которых мы его знаем, настолько аномален, что убеждает гистолога в том, что это подделка; он выглядит как орган, который в период, когда его уже не было видно сквозь дымку времени, выполнял совершенно иную функцию. Эту функцию он утратил — ее перенял какой-то другой орган, — и все же он должен делать что-то полезное для организма. Иначе он не сохранился бы. Его сохранили ради его побочной функции, ради внутренней секреции, которую он производит. Теперь это единственная работа, которую он должен выполнять.

Какова была его основная функция? Биологическая аксиома гласит, что животное в своем индивидуальном развитии повторяет, хотя и со многими пропусками и сокращениями, историю предков своей расы. Щитовидная железа появляется у эмбриона в виде дивертикула передней стенки глотки. Он примечателен тем, что представляет собой одиночный, срединный, непарный дивертикул, тогда как почти все остальные органы двусторонне симметричны.

Паращитовидные железы формируются с двух сторон в соединении с определенными жаберными мешочками. В своем раннем развитии щитовидная железа похожа на любую другую железу — например, на слюнную железу. До поздней стадии она сохраняет свою связь с задней стенкой рта. Иногда признаки этой примитивной связи сохраняются на протяжении всей жизни. В большинстве случаев четко обозначено место, где раньше открывался проток щитовидной железы. На задней поверхности языка — слишком далеко, чтобы его можно было разглядеть без помощи стоматологического зеркала — находится **V**-образный ряд крупных сосочков (*papillae circumvallatae*). Сразу за местом соединения двух конечностей **V** видна ямка - затылочное отверстие. Эта ямка является остатком устья протока щитовидной железы, который у предков рыб открывался в глотку. Прошло невообразимо много времени с тех пор, как рыбы отделились от других рас животных. Мы не знаем, какой из различных отрядов беспозвоночных животных, существующих в настоящее время, наиболее похож на нашего препищевого предка. Орган, развившийся в щитовидную железу млекопитающих, возможно, исчез у всех других потомков обычного вида, из которого произошли позвоночные и их ближайшие родственники в подцарстве беспозвоночных; но гораздо более вероятно, что он сохранился и все еще выполняет свою основную функцию у высших беспозвоночных животных. Вероятно, это

функциональный орган у каракатицы, скорпиона или червя, но он настолько непохож на щитовидную железу позвоночных, что мы не в состоянии распознать его гомологию. В организме есть и другие примеры сохранения органа долгое время после того, как он пришел в такое упадок, что даже биологи, склонные к археологии, не могут догадаться, каким он был или какой цели служил в те дни, когда был на пике своей эффективности; но, возможно, нет другого, который так убедительно иллюстрировал бы физиологическую доктрину функциональной взаимозависимости. Природа проявляет себя удивительно консервативной, сохраняя первичные органы — гипофиз, вилочковую железу, щитовидную железу, надпочечные капсулы — органы, которые миллионы лет назад забыли самые зачатки своего ремесла; но ее консерватизм — это не просто сила привычки. Хотя ей больше не нужны изделия, для изготовления которых она создала эти приспособления, она не может обойтись без их отходов. Даже червеобразный отросток может найти свое применение. Теория доктора Гаскелла о щитовидной железе предполагает трансформацию, настолько фантастическую, что она вызвала бы недоверчивую улыбку, если бы мы изложили ее без пролога, гораздо более длинного, чем позволяет наш объем. И все же доктор Гаскелл, возможно, прав. Мы можем только догадываться о природе основных функций щитовидной железы и парашитовидных желез. На протяжении многих геологических эпох они не выполнялись. Но что бы еще они ни делали, когда были незаменимыми компонентами организма, их активность сопровождалась выделением коллоида. Коллоид не вырабатывается другими органами; поэтому сохраняются устаревшие в остальном щитовидные железы. Конечно, не исключено, что в определенной степени Природа, подобно бережливой домохозяйке, находит новое применение устаревшим приборам; но мы, вероятно, вправе полагать, что это использование никогда не бывает по-настоящему новым. Не желая использовать орган для его первоначального специфического назначения, Природа возлагает на него одну работу, которую до сих пор она выполняла совместно с другими своими инструментами.

Сравнительно недавно внимание физиологов было полностью сосредоточено на очевидных или первичных функциях органов. Мышцы сокращались. Желудок переваривал пищу. Поджелудочная железа выделяла панкреатический сок. Мозг вырабатывал мысль. Теперь они понимают, выражаясь несколько метафорически, что желудочный сок вырабатывается в икрах ног; ферментация сока поджелудочной железы — в тонком кишечнике; мысль об определенном эмоциональном качестве — в толстом кишечнике. Химия лаборатории намного отстает от химии организма. Мы не можем обнаружить в крови, поступающей от сокращающихся мышц, стимулятор — возможно, предшественник пепсина, — на который реагирует желудок, хотя волшебная польза физических упражнений, по-видимому, доказывает, что существует химическая связь между активностью мышц и желез пищеварительного тракта. Экспериментально доказано, что вещество, вырабатываемое в эпителии тонкой кишки, является посредником, от вызова которого зависит эффективность панкреатического сока. Очищение мозга, произведенное разумной таблеткой, показывает, что некоторые яды всасываются в кровь из перегруженного толстого кишечника. Ни один из органов не живет полностью сам по себе. Химические продукты, которые он выделяет, поглощаемые кровью, регулируют деятельность других органов. Раньше несколько частей тела рассматривались как независимые. Их активность рассматривалась как прямой ответ на команды нервной системы. Предполагалось, что если она различалась по характеру, то вариации должны были зависеть от качества нервных импульсов, достигавших органа. Быстро накапливаются доказательства того,

что многие проявления функциональности вызываются сигналами “гормонов”, или химических посредников, а не командой нервов.

Внутренние выделения, используя это выражение в его общем смысле, необходимы для координации работы различных частей животного механизма. Коллоид - это внутренняя секреция щитовидной железы и паращитовидных желез. В отличие от большинства других внутренних выделений, это вещество легко поддается анализу и обладает поразительно определенными химическими характеристиками. Он состоит в основном из белка, который содержит йод. Из этого белка может быть получено вещество, называемое “йодтирин”, содержание которого составляет не менее 10%. является йодом; но неясно, образуется ли йодтирин в железе. Точная природа активного вещества внутренней секреции щитовидной железы не имеет большого значения. Будь то йодтирин или белок, его активность зависит от того факта, что он содержит йод в большом количестве. Содержание йода составляет от 0,3% до 0,9% от массы всей щитовидной железы у Человека.

Йод очень широко распространен в природе. Он присутствует в воздухе, в дождевой воде, в травянистых растениях. Он также присутствует во всех частях тела, хотя и в бесконечно малых количествах. Он содержится в морской воде и в относительном изобилии в морских растениях. Нет никаких оснований предполагать, что в районах, в которых широко распространен зоб, он недостаточен. Представляется более вероятным, что почва обладает свойствами, которые приводят к закреплению йода в форме, в которой он недоступен для растительной пищи, и что, как следствие, животные не могут получить достаточный запас. Тщательный анализ показал, что щитовидная железа овец, выведенных в горных районах, где распространен зоб, содержит лишь на одну тридцатую часть больше йода, чем щитовидная железа овец, выведенных в местах, где зоб встречается редко. В древние времена жженая губка и морские водоросли считались полезными при лечении зоба. Позже одобренными лекарственными средствами стали йодид калия, принимаемый внутрь, и настойка йода для наружного применения. В настоящее время известно, что микседеме и некоторые формы зоба можно проверить и даже вылечить, вводя сырую щитовидную железу или даже таблетки сухого экстракта. К счастью, нет необходимости вводить его подкожно; йодсодержащее соединение настолько стабильно, что противостоит действию желудочного сока.

Йод, запасенный в щитовидной и паращитовидных железах, распределяется по всем тканям. Замечательные симптомы, указывающие на то, что ткани не получают достаточного питания, могут возникать при любом из двух состояний. Йода может не хватать в пище, или щитовидная железа может быть некомпетентной; первое является более распространенной причиной. И здесь мы видим объяснение образования зоба. Увеличивая размер органа, который выделяет йод, Природа пытается получить и сохранить достаточный запас для распределения по тканям.

Кретинизм наблюдался у животных. Если бы внимание было направлено на это исследование, то можно было бы обнаружить, что оно не так уж и редко, как можно было бы судить по немногочисленным записанным наблюдениям. Кретин, если он дикое животное, становится легкой добычей. Если это одомашненное животное, то не требуется особых усилий, чтобы обеспечить его выживание. Миксдематозная свинья - это карликовая порода с грубой редкой шерстью, толстыми бородавчатыми копытами, большой челюстью, тяжелыми ушами. Она апатична. Поросяенок, обладающий этими характеристиками, не такая уж редкость в помете. Среди кур и голубей также встречаются особи, которые, судя по их неотесанному виду и

умственной тупости, могут страдать кретинизмом. Единственный способ доказать, что это так, - скормить им щитовидную железу; не имеет значения, от какого животного эта железа получена. Оперированные кретины, полученные путем удаления щитовидной железы вскоре после рождения, восстанавливают свои естественные черты на диете, содержащей суточную норму щитовидной железы. Жесткие волосы, или жесткие кудрявые перья, опадают и заменяются гладкой, эластичной порослью. Утолщенная кожа становится мягкой и податливой. Умственная апатия уступает место бдительности. Они наверстывают упущенное время, растя быстрее, чем другие животные того же возраста, которых не оперировали, хотя они никогда не превышают нормального роста.

**Надпочечные капсулы.**—Каждая из почек увенчана пирамидальным телом весом около  $\frac{1}{8}$  унции. Каким бы маленьким он ни был, этот орган необходим для жизни. Как первым обнаружил доктор Аддисон в 1855 году, это заболевание приводит к череде симптомов, которые неизменно заканчиваются летальным исходом. Друг писателя по колледжу страдал “вялостью”. Не закончив партию в теннис, он бросил игру и провел остаток дня, лежа на траве, завернувшись в плед. После холла, хотя он искренне желал постичь тонкости греческой грамматики, он заснул над своими книгами. Поскольку лицо у него было не просто румяное, а загорелое, как у человека, только что вернувшегося из яхтенного круиза, он был предметом многих шуток. Хотя он уже был квалифицированным врачом, практиковавшим — он пришел в университет с целью добавить степень доктора медицины к своему докторскому званию, — он не подозревал, что болен. Подумал, что хочет “освежиться”. Совершил путешествие через Атлантику. При приземлении споткнулся о веревку; сломал бедро. Провел два месяца в нью-Йоркской больнице, но кость не срослась. В конце концов, обеспокоенные хирурги отправили его обратно в Лондон. Его осмотрел ведущий врач, который сказал ему, что он страдает болезнью Аддисона. Два месяца спустя он умер от сердечной недостаточности. Заболевание надпочечников обычно туберкулезного происхождения. Его симптомы: мышечная слабость и чрезмерная склонность к переутомлению; ненормальная пигментация кожи; пониженное кровяное давление и, как следствие, чувствительность к холоду; сердечная слабость. Поскольку пигментация кожи и слизистой оболочки не является неизменной, и поскольку это может происходить без заболевания капсул, не невероятно, что это связано с заболеванием абдоминальных симпатических ганглиев, которые обычно поражаются одновременно с капсулами.

Надпочечные капсулы состоят из столбиков эпителиальных клеток, которые отходят от крупной вены в их центре. Они в изобилии снабжаются кровью и нервами. Клетки вблизи вены намного крупнее, чем в периферических частях столбиков. Среди них есть нервные клетки, напоминающие клетки симпатической системы.

История супраренальных капсул почти такая же неясная, как история щитовидной железы. У эмбриона они относительно очень крупные — за один период больше, чем почка. В этот период в них с большой скоростью формируются кровеносные сосуды в результате любопытного процесса просверливания их клеток и выхода из них. Существуют и другие факты, связанные с их развитием у индивидуума и их различной формой у различных классов позвоночных животных, которые указывают на “предыдущее существование”, но нет ничего, что указывало бы на то, что они когда-либо были открытыми железами. У всех позвоночных они представляют собой замкнутые массы клеток, единственной функцией которых, насколько нам известно, является выработка внутренней секреции; но важность этого химического посредника в

обеспечении правильной работы других органов почти поразительно подтверждается коллапсом, который следует за болезнью, или удалением органа, который ее вырабатывает.

Надпочечные капсулы выделяют вещество, получившее название “адреналин”. Он содержит азот, кристаллизуется и поддается диализу; но его химические соотношения пока не выяснены. Он не разрушается ни при кипячении, ни при переваривании желудочным соком. Вводимый в вену, он вызывает, помимо прочих эффектов, огромное повышение кровяного давления, даже при том, что вводимое количество чрезвычайно мало. При местном применении в виде промывания или спрея раствор из расчета 1 часть на 10 000 вызывает заметное побледнение поверхности; и, как следствие, он полезен как средство для остановки кровотечения при небольших операциях, особенно на глазу или носу. Это очень сильный яд. Даже  $\frac{1}{4}$  миллиграмма достаточно, чтобы убить кролика. Короче говоря, адреналин действует подобно самому сильнодействующему наркотику, известному врачам; и этот препарат, производимый надпочечными капсулами, постоянно добавляется в кровь. Перебои в регулярном снабжении приводят к катастрофическим последствиям.

Тонус сосудистой системы поддерживается адреналином. Природа его воздействия на мышцы неизвестна, но, вероятно, полная потеря мышечной силы, которая является одним из наиболее заметных симптомов заболевания надпочечников, является косвенным результатом снижения кровяного давления. Следует помнить, что мышцы составляют примерно треть веса тела мускулистого человека. Что касается обмена продуктов жизнедеятельности на пищу, то они зависят от эффективного кровообращения. Они не в состоянии проявить свою обычную энергию, когда сосудистая система не в состоянии выполнять свою работу.

**Гипофиз** - еще одна бесклеточная железа с сомнительной историей. Это круглое тело, размером с небольшой шарик, которое занимает глубокое углубление в основании черепа, под центром мозга. Оно состоит из эпителиальных клеток, собранных в неправильные группы. В подцарстве беспозвоночных нельзя найти гомолога гипофизу. Его странный способ развития у позвоночных животных — он присутствует у них всех, от рыб до млекопитающих, — и тайна, в которой скрыто его допозвоночное существование, провоцируют на размышления. Мы должны довольствоваться констатацией того, что он, несомненно, маскируется под вымышленным именем. Термин “Гипофиз” напоминает давно заброшенную теорию о том, что он выделяет жидкость в верхнюю камеру носа.

Заболевание гипофиза связано с еще более странным отклонением роста, чем вызванное заболеванием щитовидной железы. Это состояние получило название “акромегалия”, чтобы указать на то, что все конечности — пальцы на ногах, кончики пальцев, нос, губы, язык — подвергаются увеличению.

Что касается этих трех органов — щитовидной железы, надпочечниковых капсул и гипофиза, — то мы должны оставить тему внутренней секреции. Каждый из этих органов представляет собой железу без протоков. У каждого из них есть история, которую зоолог не в состоянии расшифровать. Документ представляет собой палимпсест, более ранний почерк настолько тусклый, что его невозможно разобрать под темными буквами, которые начертала на нем новая эра. Даже современный шрифт смазан. Законы, которые он устанавливает, кажутся, как правило, лишены смысла, но временами зловещий смысл очевиден. Мы склонны считать эти кодексы устаревшими до тех пор, пока зло, которое следует за их подавлением, не привлечет наше изумленное внимание к тому факту, что они существуют в самом прямом

смысле этого слова. Микседема, болезнь Аддисона, акромегалия являются зловещими предупреждениями о том, что три железы внутренней секреции - не просто памятники ушедшей эпохи, которые своим существованием обязаны лениности Природы. Они учат нас, что мы не должны приписывать постоянство таких органов консерватизму, который сопротивляется инновациям, или предполагать, что они давным-давно были бы вычеркнуты из свода законов, если бы можно было преодолеть ее инертность. Несомненно, Природа дает нам множество оправданий для принятия такого склада ума. “Каштаны” на ногах лошади, “росяные когти” на лапах собаки - это следы, которые исчезли бы, если бы каждая часть тела должна была заявить о своем праве считаться полезной, прежде чем она получила право участвовать в общем запасе пищи; так, по крайней мере, мы склонны думать. Но, каким бы заманчивым ни было приписать чистому консерватизму сохранение органа, который был заменен в своих первоначальных функциях и для которого мы не можем распознать никакого нового применения, это искушение должно быть строго пресечено. Безопаснее предположить, что тот факт, что он был сохранен, является *prima-facie* доказательством того, что организм в нем нуждается.

Не может быть никаких сомнений относительно важности внутренней секреции трех главных протоковых желез. Как насчет других органов — желез, вырабатывающих внешнюю секрецию, например? Вырабатывает ли каждый из них также внутреннюю секрецию, которая влияет на деятельность других органов? Очень трудно доказать выработку внутренней секреции такими органами, как слюнные железы, поджелудочная железа, почки, потому что все эффекты, возникающие в результате их удаления, могут быть вызваны подавлением их внешней секреции. Почти невозможно отличить последствия, которые могут быть вызваны прекращением внутренней секреции, от тех, которые следует отнести к потере организмом основных функций органа. Некоторые физиологи склонны думать, что все органы — не только железы, но и печень, селезенка, мышцы и т.д. — вырабатывают химические вещества-посредники, которые выбрасываются в кровь; и недавние открытия, как правило, подтверждают эту точку зрения. По мере приближения времени, когда потребуется молоко для питания потомства, оно начинает появляться в груди. До сих пор это объясняли нервным контролем. Теперь известно, что секреция провоцируется химическим мессенджером. Если этот посредник, извлеченный из органа, в котором он образуется, ввести в вены животного, у которого нет потребности выделять молоко, это вызовет активизацию его молочных желез. Такая иллюстрация возможностей химического контроля, в отличие от нервного, склоняет нас приписывать гармоничную работу организма в значительной степени взаимному влиянию нескольких его частей, вместо того чтобы ссылаться в каждом случае, как это было принято раньше, на направляющую силу несколько бюрократической нервной системы.

Любопытно отметить, что внутренняя секреция, по сути, является наркотиком. Вера в наркотики в последние дни претерпела крах, и на то есть веские причины. Лекарства пятидесятилетней давности так мало походили на аптеку Природы, что есть достаточно причин удивляться доверчивости поколения, которое считало их чарами, с помощью которых они могли управлять работой организма. Справедливости ради, наши предки не совсем разделяли эту точку зрения. Они все еще верили в лекарственные средства. Доки росли в той же живой изгороди, что и крапива. Поэтому сок щавеля был противоядием от укусов крапивы. Прачки находили ос досадными, но, к счастью, “синий шар” излечивал боль от их укусов и предотвращал опухание, которое в противном случае возникло бы.

Быстро развивается новая фармакология. Доказано физиологическое действие каждого вещества, которое может быть использовано в качестве лекарственного средства. Выяснив, что не так, и точно зная, на какой эффект способны оказывать его лекарства, врач разрабатывает корректировку, которую он может предпринять без риска ухудшения ситуации. Затем он ищет, если возможно, химического посланника, близкого к тому, которого послала бы сама Природа; по крайней мере, таково стремление современного фармаколога.

---

## ГЛАВА VI ПИЩЕВАРЕНИЕ

**Канал.**—Перспектива, открывающаяся перед широко открытым ртом, слишком знакома, чтобы нуждаться в описании, но можно указать на несколько деталей. Зубов всего или должно быть тридцать два. Начиная от средней линии каждой челюсти, два первых являются резцами с режущими кромками в форме долота. Если они сходятся, как и должно быть, их края заточены ровно. Третий зуб - клык, с более или менее пирамидальной коронкой. Затем два премоляра, или “молочных коренных зуба”, как их часто называют, потому что они являются единственными скрежещущими зубами первого зубного ряда. Двадцать - это полный набор зубов у ребенка. Наконец, три сильных скрежещущих зуба — коренные зубы. Третий коренной зуб, или зуб мудрости, очевидно, исчезает в человеческом роде. У цивилизованных людей, у которых мозг большой, а челюсти маленькие, это проявляется примерно на двадцатом году жизни. Иногда она пытается протиснуться сквозь десну челюсти, недостаточно большой, чтобы нести ее, и создает проблемы, “сдавливаясь” под восходящей ветвью. Нередко она не появляется. Можно с полным основанием сказать, что возрастающая мудрость человеческой расы ответственна за задержку ее развития, хотя вряд ли это то обстоятельство, которому она обязана своим названием. Складка слизистой оболочки — языковая уздечка — соединяет нижнюю сторону языка с дном полости рта. По обе стороны от него можно увидеть отверстия протоков, общих для подчелюстной и подъязычной слюнных желез. Отверстие протока околоушной железы найти не так-то просто. Она прокалывает слизистую оболочку щеки напротив основания второго коренного зуба верхней челюсти. Околоушная железа находится чуть ниже уха, за челюстью. Слюна, которую он выделяет, представляет собой водянистую жидкость, содержащую мало соли и слабую закваску. Он служит для увлажнения пищи, когда она измельчается коренными зубами. Подчелюстные и подъязычные выделения содержат, помимо фермента, пталин, слизь, которую язык смешивает с пережевываемой пищей, формируя из нее комков, пригодный для проглатывания. Дорсальная поверхность языка покрыта сосочками, которые прижимают пищу к небу. Большинство из них заостренные или нитевидные. Остальные имеют плоскую верхушку или грибовидную форму. Эти две разновидности можно отличить с помощью хрусталика, особенно по бокам языка. Обычно грибовидные сосочки более красные. При лихорадке, когда язык густо покрыт шерстью, они выделяются в виде ярко-красных пятен. Спинку языка пересекает V-образный ряд сосочков большего размера, каждый из которых окружен небольшой ямкой и клапаном и поэтому называется “циркумваллатным”. Очень



мелкие органы чувств — вкусовые луковицы - усеивают слизистую оболочку, выстилающую ямку.

Твердое небо заканчивается мышечной оболочкой - мягким небом, центральная часть которого — язычок - располагается ниже остальных. С обеих сторон мягкое небо разделяется на две складки: переднюю, идущую к боковой стороне языка; заднюю, идущую к глотке. Эти складки, поскольку они соединяют врата в глотку, которые известны как “зевы”, называются “столбами зева”. Миндалины находятся между передней и задней стенками зева, но не выглядят как выступ, если только она не воспалена или не увеличена.

Глотка свисает в виде мешка с основания черепа. Она, как и все остальные органы пищеварительного тракта, выстлана слизистой оболочкой. “Слизистая оболочка” - неудачный термин. Это не означает, что эпителий выделяет слизь. Он может обладать этим свойством, а может и не обладать. Это также не означает, что она имеет иное происхождение, чем кожа, — что она возникает из гипобласта, внутреннего слоя зачатка, из которого вырастает эмбрион. Этот термин применяется ко всем внутренним и, следовательно, влажным поверхностям, независимо от того, возникают ли они из гипобласта, как в случае слизистой оболочки большей части пищеварительного тракта, или являются инволюциями эпибласта, как в случае полости рта, а также крайнего нижнего конца пищеварительного тракта. Почти весь пищеварительный канал представляет собой, в первую очередь, трубчатую полость внутри эмбриона, выстланную гипобластом. Эта полость сообщается с желточным мешком, но снаружи не имеет отверстий, пока не соединится с двумя эпибластическими ямками — одной, стомодией, или полостью рта, на переднем конце; а другой, проктодеумом, на заднем конце тела. Различие между средней закрытой частью пищеварительного канала и двумя его вторичными отверстиями наводит на морфологические размышления, в которые у нас нет места вдаваться, относительно происхождения позвоночных. Большинство анатомов считают, что примитивный канал представлен в средней части и что у допозвоночных животных он открывался наружу другим способом. Глотка имеет длину  $4\frac{1}{2}$  дюйма. Она окружена тремя тонкими мышцами, которые перекрываются снизу вверх — констрикторами глотки. Переднее прикрепление верхнего констриктора происходит к челюсти; среднего констриктора - к подъязычной кости; нижнего констриктора - к щитовидному хрящу. Над мягким небом носовые полости сообщаются с глоткой задними ноздрями. Ниже подъязычной кости, которая легко прощупывается на шее в виде костной дуги, прямо над щитовидным хрящом (Адамово яблоко), дыхательное горло, или трахея, соединяется с глоткой единственным грушевидным отверстием — *rima glottidis*. Когда мы будем рассматривать механизм глотания, мы изучим устройства, которые предотвращают попадание пищи, прошедшей через зев, либо в носовые полости сверху, либо в трахею снизу и спереди. На уровне нижней границы щитовидного хряща глотка переходит в относительно узкий пищевод. Эта трубка, которая находится позади трахеи и немного смещена к ее левой стороне, проходит прямым ходом в брюшную полость. Она проходит через грудную клетку, лежа позади сердца, пронзает диафрагму и сразу под ней соединяется с желудком. Ее длина составляет около 9 дюймов. Желудок представляет собой серповидный мешок. Он имеет два отверстия — сердечное отверстие, или место соединения с пищеводом; и пилорическое отверстие, или место соединения с тонкой кишкой. Он загнут сам на себя так, что эти два отверстия находятся на расстоянии не более 4 дюймов друг от друга. Его контур можно нарисовать на стенке тела кусочком угля от точки на дюйм ниже и на дюйм левее нижнего конца грудины, положения сердечного отверстия, до точки примерно на 4 дюйма ниже конца грудины и на дюйм или два правее средней линии тела, положения пилорического отверстия, с

небольшим изгибом для обозначения верхней границы; для обозначения нижней границы те же две точки соединены жирной кривой, выступающей вверх к соску. , наружу по бокам тела и на некоторое расстояние вниз по животу (ср. рис. 2).

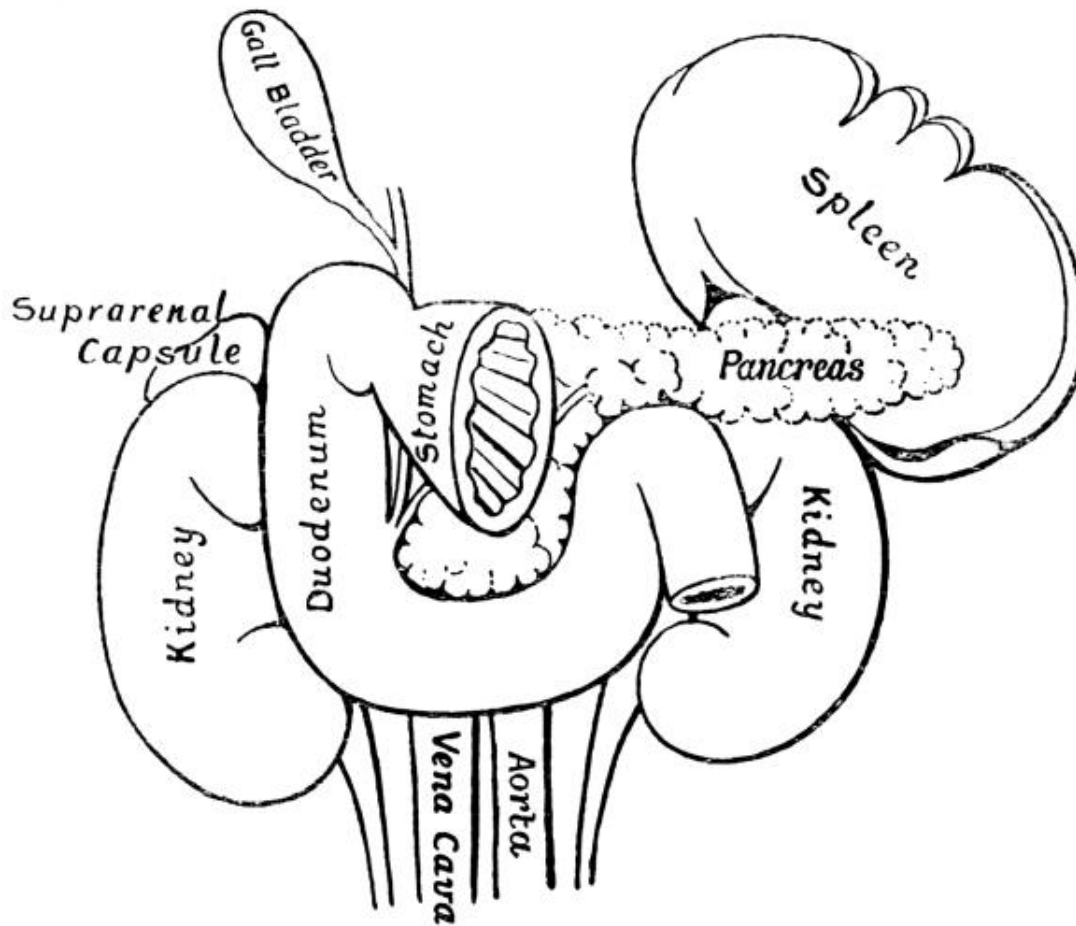


Рис. 6.

Желудок был разрезан на небольшом расстоянии от пилорического клапана и удален, чтобы показать внутренние органы, которые находятся за ним. Нисходящая аорта и полая вена опираются на позвоночный столб. Их пересекают поджелудочная железа и поперечная часть двенадцатиперстной кишки. Головка поджелудочной железы окружена изгибами двенадцатиперстной кишки. Видны протоки печени и поджелудочной железы, которые бок о бок входят в нисходящую двенадцатиперстную кишку.

Такой контур отражает форму и положение желудка при растяжении; но следует понимать, что его размеры зависят от количества содержимого. Он способен вместить около 7 пинт. Место соединения пищевода и желудка закрыто мышечным кольцом, или мышцей—сфинктером сердца; место соединения желудка и кишечника охраняется гораздо более сильным пилорическим сфинктером. Средний диаметр тонкой кишки составляет около 1½ дюймов. Следовательно, она достаточно широка, чтобы в нее поместились два пальца. Длина трубки составляет около 22 футов. Его первая часть называется “двенадцатиперстной кишкой”, потому что ее длина равна ширине двенадцати пальцев —то есть около 9 дюймов. Оставшаяся часть произвольно делится на тощую и подвздошную кишки. Двенадцатиперстная кишка делает три

резких изгиба. Сначала он наклоняется вверх и вправо, затем вертикально вниз, затем горизонтально влево и, наконец, вперед. Протоки печени и поджелудочной железы открываются общим отверстием в нисходящую часть. Его горизонтальная часть прочно прикреплена к позвоночному столбу. После этого вся тонкая кишка поддерживается брыжейкой, двойной складкой брюшины, которая позволяет ей свободно висеть в брюшной полости. Брыжейка прикрепляется к задней стенке тела. Начинаясь с левой стороны второго поясничного позвонка, линия его прикрепления наклоняется вниз и вправо, пересекая позвоночный столб, примерно на 6 дюймов. Измеренный от прикрепленного края до края, на котором находится кишечник, он имеет ширину около 8 дюймов. Его свободный край, как уже говорилось, имеет длину 22 фута. Поскольку его размеры соответствуют только что указанным, ясно, что его нужно складывать взад и вперед, как гофрированную обертку. В правом паху тонкая кишка присоединяется к толстой, или толстой кишке. Она не просто расширяется в толстую кишку, как можно было бы ожидать, а входит в нее с мезиальной стороны, ее отверстие защищено подвздошно-кишечным клапаном. Другими словами, толстая кишка выступает вниз за пределы этого отверстия, как кишечная палочка. У многих животных кишечная палочка имеет большую длину и вместительность. У человеческого эмбриона она начинает принимать подобную форму; но только очень небольшая часть (так называемая “цекум” в анатомии человека) расширяется до размеров толстой кишки. Настоящая слепая кишка на протяжении всей жизни сохраняет свой эмбриональный размер. Она имеет длину около 3½ дюймов и диаметр не более ¼ дюйма. Это “червеобразный отросток”, пользующийся дурной славой, на который следует смотреть как на одно из уродств Природы. Его большая склонность к воспалению обычно объясняется склонностью таких пищевых продуктов, как косточки, волокна имбиря, хлопья изнутри эмалированных кастрюль и т.д., Застревать в его полости. Но независимо от того, верно это объяснение или нет — а есть основания считать его несколько причудливым, — очень хотелось бы, чтобы процесс эволюции ускорил исчезновение этого бесполезного остатка цекума. Поскольку нет тенденции к наследованию признаков из-за увечий, и поскольку нож хирурга теперь не позволяет этой смертельной ловушке забрать своих возможных родителей, мы должны рассматривать рудиментарную черную кишку с ее склонностью к воспалению как постоянное бремя для человечества. Однако, отдавая должное приложению, следует отметить, что за последние двадцать лет оно приобрело криминальную репутацию. Частота аппендицита за этот период возросла настолько сильно, что должна быть возможность соотнести его распространенность с появлением причины, от которой он в основном зависит.

Длина толстой кишки составляет около 5 футов. Ее наибольшая ширина, около 3 дюймов, находится в начале, но везде она намного шире тонкой кишки. В то время как стенка тонкой кишки снаружи гладкая, стенка толстой кишки покрыта мешковиной. Три мышечные ленты сжимают его в продольном направлении; круглые ленты с интервалом примерно в 1 дюйм или 1½ дюйма помещают его в мешочки. Она поднимается с правой стороны, располагаясь далеко позади стенки тела, с которой она связана брюшиной, которая в этой части своего хода покрывает только ее переднюю поверхность. Коснувшись нижней стороны печени, она делает петлю вперед и в левую сторону, пересекая среднюю линию чуть выше пупка. С крайней левой стороны она касается селезенки, проходя очень близко к задней части брюшной полости. Затем она опускается с левой стороны, снова прикрепляясь к стенке тела брюшиной, хотя и не так плотно, как с правой стороны, пока не достигнет внутреннего выступа гребня тазовой кости. С этого момента складка брюшины, которая прикрепляет его, позволяет ему свободно

двигаться. Эта часть толстой кишки, сигмовидный изгиб, может даже переходить в правый пах. Наконец, она загибается назад, в область таза, как прямая кишка.

Перемещению содержимого пищеварительного тракта может способствовать разумное надавливание или массаж. Из описания положения нескольких его частей, приведенного выше, будет понятно, что если правую руку положить на живот непосредственно под ребрами так, чтобы пальцы были хорошо закруглены с левой стороны, живот будет прикрыт. Давление слева направо будет иметь тенденцию выталкивать его содержимое к пилорическому клапану. Тонкая кишка настолько нерегулярна в своем течении, что исключает возможность следить за ней рукой. Давление сначала на одну, а затем на другую сторону, с общей тенденцией действовать сверху вниз, имеет тенденцию продвигать ее содержимое вперед; но, благодаря своей круглой форме и прочным мышечным стенкам, она не сильно нуждается в помощи. В этом отношении положение толстой кишки сильно отличается. Ее диаметр намного больше, стенка покрыта мешковиной, содержимое сравнительно плотное. Если положить ладонь над правым пахом и надавить, направляя давление вверх, происходит опорожнение кишечной палочки и восходящей ободочной кишки. Если надавливание направлять с крайней правой стороны, чуть ниже ребер, по средней линии к левой стороне, поперечная ободочная кишка опорожняется. На нисходящую ободочную кишку необходимо надавливать сверху вниз с левой стороны; на сигмовидный изгиб - надавливать над левым пахом, вниз и по направлению к средней линии.

Внутренняя стенка пищевода гладкая, за исключением морщин, в которые она превращается, когда не растягивается; но от сердечного отверстия желудка и далее слизистая оболочка пищеварительного канала имеет складки и другие выступы, которые служат многим целям. Они задерживают пищу, дольше удерживая ее в контакте с поверхностью выделения. Они увеличивают площадь, изрытую трубчатыми железами; они также увеличивают площадь, через которую происходит всасывание продуктов пищеварения. На внутренней поверхности желудка складки образуют сетчатый рисунок. В верхней части тонкой кишки, особенно двенадцатиперстной кишки, имеются выступающие поперечные выступы (*valvulae conniventes*). Никаких определенных складок ниже верхних трех четвертей тонкой кишки не наблюдается, за исключением уже упомянутых сужений поперечной ободочной кишки, которые затрагивают всю толщину ее стенки. По всей тонкой кишке слизистая оболочка выступает в виде пальцевидных отростков, или ворсинок, которые придают ей характерный бархатистый вид. Ворсинки самые длинные в двенадцатиперстной кишке.

Лимфатические фолликулы через определенные промежутки времени образуются в кишечнике. В подвздошной кишке они собираются в пластыри (пейеровы пластыри) на стороне, противоположной линии прикрепления брыжейки. Они служат как для снабжения фагоцитами, которые охотятся за любыми микробами, проникшими через слизистую оболочку, так и в качестве станций, на которые отступают зараженные микробами фагоциты.

Стенка кишечника состоит из слизистой оболочки, подслизистой ткани и мышц. Слизистая оболочка повсюду изрыта трубчатыми железами, которые в желудке называются “желудочными железами”, а в кишечнике, как тонком, так и большом, - “либеркюновыми криптами”. Их отношение к стене можно проиллюстрировать, взяв пласт теста толщиной около 6 дюймов и воткнув в него карандаш вертикально, почти до стола, на котором он лежит. Отверстия должны быть сделаны как можно ближе друг к другу, поскольку, особенно в желудке, между трубочками

железистых клеток находится крайне мало ткани. Если бы кусок теста был помещен на сложенную ткань, ткань представляла бы собой мышечную оболочку, слой, который должным образом рассматривается как составная часть слизистой оболочки. Волокна этого покрытия расположены в виде двух или трех листов, причем волокна одного листа пересекают волокна следующего. Своими сокращениями они сжимают концы крипт и, вероятно, раскачивают их, изгоняя секрецию. Под мышечной слизистой оболочкой находится слой соединительной ткани, подслизистая оболочка, которая содержит многочисленные лимфатические каналы, кровеносные сосуды и нервы. В пилорическом конце желудка трубки железистых клеток имеют тенденцию пронизывать мышечную слизистую оболочку. В первой части двенадцатиперстной кишки определенные трубки, проколов этот слой, разветвляются в подслизистой оболочке. Таким образом образуется слой кистевидных желез - желез Бруннера. Снаружи подслизистой оболочки находится собственно мышечная оболочка, состоящая из простых мышечных волокон, за исключением верхней части пищевода, где волокна поперечно-полосатые. Он состоит из внутреннего и наружного слоев, причем волокна расположены во внутреннем листе по кругу, во внешнем листе - продольно, с небольшим отклонением от этого правильного расположения в стенке желудка. Снаружи канал окружен брюшиной, слоем уплощенных эпителиальных клеток, поддерживаемых соединительной тканью. Брюшная стенка также выстлана брюшиной. Гладкая влажная поверхность брюшины, покрывающей кишечник, скользит по брюшине, выстилающей брюшную стенку. Между ними находится "потенциальное" пространство. При водянке жидкость скапливается в этом пространстве. В здоровом состоянии соприкасающиеся поверхности просто влажные.

Движения кишечника бывают двух видов. Они постоянно совершают колебательные движения, в создании которых главную роль играют продольные волокна, хотя кольцевые волокна также сжимаются. Целью этого волнообразного движения является тщательное перемешивание содержимого кишечника с его выделениями. Если принимать таблетки субнитрата висмута и наблюдать за их продвижением с помощью рентгеновских лучей, то видно, что они колеблются взад-вперед по пути вниз по каналу. Более медленное движение червеобразного отростка, которое выталкивает содержимое вперед, называется "перистальтикой". Это напоминает постепенное сокращение эластичной трубки, которое можно осуществить, протягивая ее через кольцо, но является несколько более сложным. В месте, в котором это происходит, круглая оболочка резко сужена. Выше этого места она также несколько сужена; ниже она расслаблена. Продольные волокна, используя суженный участок как *точку приложения*, подтягивают сегмент кишечника, который находится непосредственно под ним, снимая с него содержимое трубки, как перчатку с пальца.

Когда пища проглочена, она опускается по пищеводу, чему способствует легкая перистальтика. Как только достаточное количество скапливается на верхней поверхности сердечного клапана желудка, клапан расслабляется; в то же время более сильная перистальтика нижней части пищевода выдавливает его содержимое в желудок. Пища остается в желудке до тех пор, пока не достигнет определенной стадии переваривания, главной целью которой является ее дробление на мелкие частицы. До достижения этой стадии пилорический клапан надежно закрыт. Сокращения стенки желудка приводят его содержимое в движение по кругу — вниз по большой и вверх по малой кривизне, — тщательно перемешивая его с желудочным соком ([ср. с. 124](#)). По мере повышения кислотности смеси перистальтические сокращения желудка становятся более интенсивными, пока пилорический клапан не расслабится и пища мало-помалу не попадет в двенадцатиперстную кишку.

Пищеварительный канал в изобилии снабжен нервами блуждающего нерва и симпатической системы. Он также содержит в своей стенке огромное количество нервных волокон и клеток. Они расположены в виде двух сплетений, одно в подслизистой оболочке, другое между кольцевой и продольной мышечными оболочками. В образце, успешно окрашенном метиленовым синим, их настолько много, что создается впечатление, что каждая обычная мышечная клетка может иметь свой отдельный нервный отросток. Тем не менее, сокращение мышечных клеток может происходить независимо от любого нервного воздействия - даже независимо от местного механизма, от упомянутого выше сплетения. Никотин, нанесенный на стенку кишечника, парализует местные нервы; тем не менее, ритмичные сокращения все еще происходят. Однако они больше не прогрессируют. Они не выталкивают содержимое кишечника вперед. Скоординированное сокращение наблюдается до тех пор, пока местный механизм не поврежден, даже если все наружные нервы были перерезаны. Кишечник имеет свои собственные нервные клетки и волокна, которые, действуя как взаимосвязанная система рефлекторных центров, обеспечивают гармоничное сокращение его стенок. Внешние нервы, симпатические и спланхнические, передают импульсы, которые либо усиливают движения, либо тормозят их, в зависимости от необходимости.

В отношении нервного обеспечения пищеварительный канал стоит особняком от других органов тела. Можно предположить, что он представляет собой более примитивное состояние. Его мышечные волокна обладают способностью самопроизвольно сокращаться. Давление содержимого трубки действует как стимул. Когда волокна растягиваются, они сокращаются. Когда трубка расширяется, ее мышцы пытаются восстановить ее нормальный размер. Однако такое прямое воздействие не обеспечило бы поступательного прохождения ее содержимого. Чтобы вызвать перистальтику, необходим нервный механизм, столь же обильный и сложный, как тот, который обеспечивает продвижение слизняка или червя. Чтобы удовлетворительно справляться с различным содержимым трубки — жидким, твердым, газообразным, — механизм должен быть способен к сложной регулировке. Расширенные части канала — желудок, кишечная палочка, прямая кишка — требуют особого расположения мышц и нервов. Канал также не является полностью независимым от остальной части тела. В значительной степени его работа осуществляется без учета деятельности других органов, однако он не полностью свободен от контроля центральной нервной системы. Он регулируется с помощью как афферентных, так и эфферентных блуждающих и симпатических нервов. Даже мозгу есть что сказать относительно того, каким образом он должен сокращаться. Общеизвестно, что эмоциональные воздействия могут влиять на работу желудка и кишечника — “Его кишечник затосковал”.

Обычно рвота возникает из-за раздражения окончаний блуждающего нерва в желудке, хотя афферентные импульсы могут иметь и другие источники. Прикосновение пальцем к верхней поверхности надгортанника вызовет рефлекс. То же самое происходит при стимуляции обонятельных нервов неприятным запахом. В этом последнем случае эмоция отвращения, которую вызывает запах, вызывает рефлекторное действие. Акту рвоты предшествует выделение слюны. Затем делается глубокий вдох, чтобы какое-то время легкие могли не нуждаться в поступлении свежего воздуха. Голосовая щель закрыта, диафрагма зафиксирована. Сокращение брюшной стенки прижимает желудок к диафрагме; его сердечный сфинктер расслабляется, и его содержимое выбрасывается в пищевод, который подвергается принудительной регрессивной перистальтике.

Интересно отметить разницу между плотоядными и травоядными животными в отношении рвоты. Хищники проглатывают мех и другие неперевариваемые материалы, а также множество нездоровых вещей, которые им необходимо возвращать. По-видимому, собаку может вырвать по желанию. Никогда, находясь в естественном состоянии, травоядным животным не требуется возвращать содержимое желудка. Рвота не предусмотрена. Телка, забредшая на росистое клеверное поле, скорее всего, умрет от последствий вздутия своего брюшка, если не оказать помощь, вскрыв его ножом. У лошади сердечный сфинктер сильный, пилорический - слабый. Давление на желудок имеет тенденцию выталкивать его содержимое через пилорический клапан в двенадцатиперстную кишку, а не обратно в пищевод. Желудок расположен не так, чтобы его можно было сжать между стенкой брюшной полости и диафрагмой. Лошадей не может рвать. Ошибочно полагать, что они страдают от морской болезни. В плохую погоду они потеют, их конечности дрожат, они отказываются от корма; но эти симптомы, вероятно, вызваны усталостью, которая возникает в результате чрезмерного беспокойства о сохранении равновесия и страха. Мы никогда не сможем узнать, что они чувствуют, но нет никаких оснований предполагать, что они испытывают ощущение тошноты.

Рвота - частый симптом церебральных нарушений. Колебания давления, которые испытывает мозг, покачиваясь на своем "водяном ложе" внутри черепа, являются причиной морской болезни. Тем не менее, движение корабля может вызывать сильную головную боль без тошноты, по-видимому, движение беспокоит только мозг, а не желудок. Нельзя сказать, что головная боль - это боль "внутри головы". Также ее неправильно описать как боль в волосистой части головы, хотя сообщения, которые ощущаются сознанием как головная боль, исходят от окончаний нервов кожи, покрывающей череп. Чрезмерная чувствительность этих нервов обусловлена сосудодвигательными состояниями, обычно расширением, иногда сужением кровеносных сосудов кожи головы. Но сосудодвигательное состояние соответствует нарушению работы мозга; и особая срочность или эффективность сообщений от кожи является результатом того, что они доставляются в возбужденную мозговую ткань. Тошнота и головная боль в равной степени являются симптомами раздражительности мозга, вызванной движением корабля. В одном случае сообщения из желудка, в другом случае сообщения из кожи головы приобретают чрезмерную важность из-за возбужденного состояния мозговой ткани, через которую они проходят. Нередко путешественник, который просыпается утром, смирившись с изменениями давления, которые он испытал, находясь в лежачем положении, обнаруживает, что, когда он выпрямляется, основание его мозга остается таким же чувствительным, как и всегда. Зрительные ощущения также способствуют нарушению работы мозга. То же самое происходит и с движениями эндолимфы в полукружных каналах (*ср. с. 335*). Действительно, возможно, что этот последний фактор более важен, чем колебания давления на поверхность мозга. Вероятно, этим объясняется ощущение качки, которое почти каждый испытывает по крайней мере в течение дня после того, как покинул корабль. Поскольку причина морской болезни церебральная, склонность к морской болезни можно контролировать с помощью лекарств, которые, такие как бромиды, хлорал, алкоголь и т.д., омертвляют мозг.

**Слюнные железы.**—Секрет, который скапливается во рту, является комбинированным продуктом работы подъязычных, подчелюстных и околоушных желез. Это очень жидкий, водянистый раствор, содержащий не более 0,5% твердого вещества. Если красную лакмусовую бумажку смочить слюной, она становится синей, показывая, что секреция щелочная. Она содержит фермент птиалин, который переваривает крахмал. Действие этой закваски можно продемонстрировать, подержав во рту в течение полуминуты немного теплой крахмальной



слизи — например, вареного маранта. Он быстро теряет свою вязкость из-за превращения крахмала в сахар. Химически это изменение можно продемонстрировать, добавив йод-воду к образцу крахмала до и после воздействия. Перед попаданием крахмала в рот йод окрашивает его в синий цвет (характерная реакция для крахмала). После того, как смесь подверглась пищеварительному действию слюны, йод перестает окрашивать смесь, которая теперь не содержит крахмала. Весь крахмал был преобразован в декстрин и сахар. Если положить в рот неотваренный корень маранты, образуется некоторое количество сахара, но процесс превращения происходит очень медленно. Сырой крахмал практически невозможно переварить во рту в достаточной степени, чтобы сделать его невосприимчивым к окрашивающему действию йода. Сахар, образующийся под действием пталина, имеет ту же природу, что и тот, который образуется при соложении ячменя. Поэтому его называют “мальтозой”. Он очень похож на виноградный сахар, но не идентичен ему.

**Выделение слюны.**—Доступность слюнных желез, и особенно подчелюстных, привела к тому, что их использовали для очень большого количества экспериментов. Они были изучены с целью прийти к пониманию механизма секреции в целом. Железы состоят из трубочек с железистыми клетками, каждая из которых подвешена в корзинке из соединительной ткани в ванне с лимфой (см. рис. 3). Бесчисленные капиллярные кровеносные сосуды пересекают лимфатическую систему. Артерии, несущие кровь к железе, снабжены нервами, которые регулируют их калибр и, следовательно, определяют количество крови, проходящей через капилляры, на которые они распадаются. Железы также снабжены нервами, которые влияют на их функциональную активность. Питательные вещества и кислород попадают из крови в лимфу. Углекислота попадает в кровь из лимфы. Продукты жизнедеятельности либо уносятся лимфотоком, либо проникают через стенки капилляров в кровь. Многие проблемы требуют решения. Как объем работы, выполняемой железой, влияет на ее кровоснабжение? Изменяется ли количество выделяемой слюны напрямую в зависимости от давления лимфы в пространствах, которыми железа окружена? Зависит ли это давление полностью от давления крови? Поступают ли вещества, выделяемые железой, как таковые с кровью, или железа вырабатывает пталин и слизь, которые она выделяет? Если он производит свои выделяемые продукты, какие материалы он извлекает из крови для целей их производства? Использует ли он все эти материалы, какими бы они ни были, или использует только часть, а остатки возвращает в лимфу? Вырабатывает ли он свои продукты только тогда, когда активно секретирует, или он всегда вырабатывает их и накапливает в своих клетках, чтобы у него был запас для выделения, когда к этому призывает стимуляция, возникающая в результате присутствия пищи во рту? Является ли их выделение просто вымыванием из-за прилива жидкости, возникающего при расширении кровеносных сосудов, или клетки железы могут выводить свои продукты в ответ на нервное воздействие? Каким образом нервы железы влияют на секрецию? Требуют ли они увеличения выработки, или повышенной выработки, или того и другого? Таковы некоторые из проблем, которые открытое положение подчелюстной железы позволяет решать физиологам.

С помощью очень простой операции можно подвести протоки одной или обеих околоушных или подчелюстных желез к коже и заставить их выделяться на поверхность, а не в рот. Поток можно наблюдать при различных обстоятельствах. Слюну можно собирать и измерять.

Нервы подчелюстной железы легко изолируются. Нерв выходит из седьмого (или лицевого) нерва, пересекает барабанную перепонку, выходит через небольшую щель в черепе и проходит некоторое небольшое расстояние как отдельный нерв, прежде чем прикрепиться к язычной



ветви пятого нерва, которая проходит сбоку от языка. Из-за того, что он проходит через барабанную полость (барабанную перепонку уха), его называют “барабанной связкой”. Поскольку его волокна очень маленькие, их можно распознать везде, где они образуют часть язычного нерва. Они покидают язычную оболочку и направляются к подчелюстному узлу, от которого снабжается железа. Железа также получает ответвления от симпатического нерва, который поднимается по шее. Последние названные ветви сопровождают лицевую артерию. Стимуляция любого из этих нервов вызывает секрецию железы. Выделение слюны, которое следует за стимуляцией барабанной перепонки, гораздо более обильное, чем то, которое следует за стимуляцией симпатической нервной системы, и, как правило, оно содержит гораздо меньше органических веществ, хотя минеральных солей примерно столько же. В нормальных условиях активность барабанной перепонки включается рефлекторно импульсами, которые проходят по вкусовым нервам (язычному и глоссоглоточному) к спинномозговой оси; но почти любой другой нерв будет служить афферентным путем. Эта железа также может, как мы сейчас объясним, быть задействована корой головного мозга.

Несомненно, что в случае с подчелюстной железой секреция не является прямым результатом повышения кровяного давления. Это не случай фильтрации крови через определенные мембраны и клетки в слюнные протоки. Атропин (белладонна) расширяет кровеносные сосуды, повышая кровяное давление, но останавливает секрецию. После отравления белладонной рот, как и кожа, становится горячим и сухим. Существуют и другие препараты, которые провоцируют определенное количество секрета, даже после того, как кровеносные сосуды, идущие к железе, были перекрыты. Стимулируя барабанную перепонку, можно добиться давления жидкости в протоке, намного превышающего давление в кровеносных сосудах, питающих железу. Здесь мы имеем четкое доказательство того, что выделение - это не фильтрация. Фильтрация - это прохождение жидкости через фильтрующий слой от более высокого к более низкому давлению. Кроме того, при фильтрации воду сопровождают растворимые диффундирующие соли. В слюне содержится лишь половина этих растворимых солей по сравнению с кровью. Следовательно, ткань железы задерживает половину солей. Секреция - это активный процесс, осуществляемый клетками железы под влиянием нервов, вопреки законам фильтрации. Клетки железы определяют, сколько воды должно пройти через них и какой процент солей должен присутствовать в воде.

Как клетка железы вырабатывает вещество, которое она выделяет? Нет никаких оснований предполагать, что пtiалин или слизь, выделяемая слюнными железами, присутствуют в крови либо в готовом виде, либо, так сказать, наполовину сформированными, в комбинациях, которые могут быть легко расщеплены. Все имеющиеся данные указывают на вывод о том, что клетки железы извлекают из лимфатических белковых материалов, из которых они производят особые вещества, которые они выделяют. Во время покоя в клетках накапливаются гранулы. Во время активности они исчезают. На примере желез желудка было показано, что эти гранулы состоят из особого фермента, который железа выделяет в неактивной форме. Возможно, он соединен с веществом, которое препятствует его пищеварительному действию на клетки, внутри которых он производится; затухает, как затухает порох при транспортировке. Или, возможно, это не готовая закваска; возможно, ей требуется дополнительное добавление к своей молекуле. Во время активности, когда гранулы исчезают, белки накапливаются у оснований клеток, придавая трубке железистых клеток вид периферической негранулярной зоны. Это белковое вещество, должно быть, поступило из лимфы, и вывод кажется неизбежным, что клетки взяли в свою протоплазму запас материала, который послужит для производства дополнительных гранул.

Следовательно, каждая клетка железы является независимой единицей. Своей собственной деятельностью она поглощает материалы из лимфы, из которых производит свои собственные специальные продукты. Он хранит свои продукты до тех пор, пока они не понадобятся. Затем за счет собственной активности он выталкивает их в просвет железы-трубки. Действительно, было показано, что при стимуляции нерва, идущего к слюнной железе, железа сокращается, несмотря на сильное расширение ее кровеносных сосудов. Под влиянием стимуляции гранулы в клетках железы впитывают воду, набухают и выходят из клеток. Во-первых, клетки выводят накопленные запасы быстрее, чем они поглощают вещества (даже жидкость) из крови. В своем знании (если этот термин может быть уместен) того, чего хотят, клетка железы зависит от сообщений, которые достигают ее через нервную систему. Эти сообщения берут начало в окончаниях чувствительных нервов рта, передаются в мозг и отражаются по нервам к железе. Информация, передаваемая железам, настолько точна, что, когда лошадь переносит работу по жеванию с одной стороны рта на другую, как это у нее вошло в привычку делать примерно каждые четверть часа, поток слюны из околоушной железы на стороне жевания увеличивается; с другой стороны, он уменьшается. С одной стороны выделяется в два-три раза больше слюны, чем с другой.

Количество слюны, выделяемой в ответ на стимуляцию, пропорционально потребностям в пережевывании, но и вид слюны адаптирован к характеру пищи. У собаки — и это наблюдение можно провести только на животном, которое питается смешанным рационом, — можно определить количество выделяемых двух видов слюны и отношение ее расхода к пище. Когда животному дают мясо, подчелюстная железа выделяет свой секрет; когда его кормят бисквитом, выделяется обильное количество водянистой околоушной слюны. Набитый песком рот также вызывает выделение слюны из околоушной железы, чтобы песок можно было вымыть из рта.

Более примечательным, чем реакция на прямую стимуляцию, является эффект, производимый видом и запахом пищи. Когда собаке показывают мясо, начинает выделяться подчелюстная слюна; когда ей предлагают хлеб, выделяется околоушная слюна. И активность желез - это не просто нервный рефлекс, независимый от разума животного. В тот момент, когда собака понимает, что с ней играют, что нет никакого намерения давать ей желанную пищу, выделение слюны прекращается. Эмоция может сдерживать секрецию, когда этого требуют все физиологические условия. Таково объяснение рисового испытания. Сухой рис вызывает выделение слюны изо рта у всех, кроме виновного. Реакция на ментальные впечатления имеет важнейшее значение для физиологии пищеварения. Это справедливо в случае секреции желудочного сока наравне со слюной. Вид и запах пищи запускают приток сока в желудок, и чем желаннее пища, чем привлекательнее ее внешний вид, чем сильнее возбуждает ее запах, тем быстрее выделяются выделения. Здесь мы затрагиваем тему, которая вряд ли нуждается в исчерпывающем рассмотрении. Не самые полные люди едят больше всех, хотя беспристрастный опрос своих упитанных друзей покажет, что они люди, которые “бережно относятся к своей еде”. Небольшое количество идеально переваренной пищи более питательно, чем большое количество пищи, которую органы пищеварения недостаточно эффективно подготавливают к усвоению. Хорошее пищеварение зависит от аппетита; а аппетит у цивилизованного человека - это нечто большее, чем просто физическая потребность в пище. Голод, который приводит к набрасыванию пищи без приятного предвкушения, без пережевывания, без какого-либо учета качества яств, является пагубным влечением, которое заканчивается несовершенным усвоением. Играть с *закусками* выгоднее, чем бездумно

поглощать полную тарелку говядины. Но мы сказали достаточно, чтобы навести на размышления тех, кто не задумывается о том, что они будут есть или что они будут пить; и мало кто из тех, кто задумывается, нуждается в убеждении.

**Желудок.** Вид и запах пищи, ее нахождение во рту и процесс пережевывания, который вызывает выделение слюны, в то же время вызывает выделение желудочного сока. Именно психическая стимуляция и акт приема пищи вызывают выделение желудочного сока из железистых трубочек желудка в начале пищеварения, а не раздражение нервных окончаний пищей, прошедшей по пищеводу. Вследствие огнестрельных ранений или в результате операций, выполненных с целью облегчения состояния пациентов, у которых закупорился пищевод, были зарегистрированы многочисленные случаи, когда свищевое отверстие в желудке позволяло изучить внутреннюю часть этого органа. Такие случаи предоставляют возможность наблюдать за перевариванием различных пищевых продуктов, вводимых через отверстие, и собирать желудочный сок для целей анализа. Аналогичное состояние было установлено у животных оперативным путем. Поскольку пищевод был разрезан, а конец разреза пришит к краям отверстия в коже, пища, принятая ртом, выходила через это отверстие вместо того, чтобы проходить в желудок. Аналогичное отверстие было сделано в желудке для введения пищи, а также с целью изучения эффектов рефлекторной стимуляции желудочных желез. Как только пища попадала в рот, начинал выделяться желудочный сок. Преимущество этого экспериментального метода заключается в том, что выделяемый сок был чистым — не смешанным с пищей, как во всех предыдущих экспериментах, в которых при вскрытии желудка без отведения пищевода наличие в нем пищи было стимулом, приводящим к секреции. При отсутствии стимуляции сок не выделялся; секреция также не была нормальной по составу, когда ее провоцировал механический стимул, такой как щекотание слизистой оболочки желудка пером.

Мой повелитель желудок! Он не единственный и не главный участник процесса пищеварения, но на нем лежит решение относительно того, подходит ли пища, предлагаемая пищеварительному тракту, по качеству и количеству. Он обижается, если это не предлагается со всеми обстоятельствами и церемониями, подобающими его рангу. В качестве намека на то, что он собирается получить пищу, он принимает известие изо рта о том, что его нервные окончания подвергаются механической стимуляции. Но жевание индийской резины произвело бы аналогичный эффект. Следовательно, желудок взаимодействует с органами вкуса и обоняния. Если их отчет благоприятен, он утверждает, что вещество, которое раздавливают зубы, вызовет выделение желудочного сока. Он реагирует наиболее щедро, когда длительное пережевывание убеждает его, что он может рассчитывать на получение пищи в достаточно разделенном виде. На свой страх и риск мы пренебрегаем умилованием моего господина. Не всегда добродушный, когда к нему относятся с уважением, он становится угрюмым или раздражительным, когда им пренебрегают. Никогда не довольствуясь болтовней, он требует работы зубов, языка и неба. Подношение, которое мы предлагаем, может быть самым лучшим — пикантным, полезным, хорошо приготовленным, хорошо пережеванным, — но если оно не подается с определенной долей любви, если мысли сосредоточены на других вещах, если мы не уделяем внимания еде, если наше подношение не сопровождается чувством вкуса, мой господин желудок, со своей стороны, принимает яства равнодушно. Ориентируясь на собственные вкусы, мы в значительной степени ориентируемся на потребности желудка. Ненасытное и чрезмерное питание — это не проявление вкуса; это возвращение к инстинкту дикаря, который никогда не был уверен, что получит свою порцию сполна, и боялся надеяться,

что можно будет получить другую еду, когда природа сочтет это должным. Некоторая степень эпикурейства благоприятна для пищеварения. Выделение желудочного сока в желудке происходит рефлекторно в ответ на чувство аппетита, на стимуляцию вкусовых и обонятельных нервов, на неясные ощущения, которые сопровождают активность жевательных мышц.

Количество желудочного сока, выделяемого за день, составляет, вероятно, около 8 или 9 пинт. К этому мы должны добавить, принимая во внимание количество жидкости, проходящей через желудок, слюну, которая, несомненно, достигает 2 пинт, и напитки, принимаемые во время еды.

Желудочный сок, собранный описанным выше способом, представляет собой прозрачную, бесцветную жидкость без запаха. Он очень кислый и обладает настолько сильным пептическим действием, что способен переваривать собственный вес свернувшегося яичного белка. Его твердые компоненты составляют 0,5%. Они состоят из двух ферментов - пепсина и ренина, со следами белков и муцина, а также различных неорганических солей. Его кислотность обусловлена содержанием свободной соляной кислоты в количестве 0,2%. Эта кислота в большей или меньшей степени находится в сочетании с пепсином. В чистом желудочном соке присутствует только соляная кислота; но при смешивании с пищей сок содержит и другие кислоты, особенно молочную.

Когда пища впервые попадает в желудок, щелочная слюна, которая ее сопровождает, нейтрализует кислотность желудочного сока. В течение некоторого времени, вероятно, около получаса, превращение крахмала в сахар все еще осуществляется пتيالлином слюны, главным образом из-за трудностей, с которыми желудочный сок сталкивается при пропитывании массы пережевываемой пищи. *Молочная палочка* всегда присутствует в желудке. Он превращает часть сахара в молочную кислоту; из этого небольшого количества далее происходит превращение в масляную и уксусную кислоты с образованием углекислоты и газообразного водорода. Через некоторое время молочная кислота всасывается, и остается только соляная кислота.

Выделение желудочными железами такой мощной минеральной кислоты, как соляная, всегда вызывало интерес. Как возможно, чтобы клетки железы вырабатывали его без вреда для себя, или чтобы желудок удерживал его без самопереваривания? Многие химические и физические теории были выдвинуты в надежде, что они сделают процесс его производства менее трудным для понимания. Однако все подобные теории неадекватны для объяснения секреции как прерывистого процесса, который происходит только в ответ на потребность. То, что источником кислоты является хлористый натрий, который клетки железы берут из крови, не нуждается в утверждении, но мы не можем представить процесс, посредством которого это чрезвычайно стабильное соединение разлагается, иначе как исходя из предположения, что более слабые кислоты, или, скорее, кислотные соли, также поглощаются клетками, и что в соответствии с законами, которые управляют составом солей в растворе, происходит обмен кислотами. Если хлорид натрия и любая кислотная соль — например, кислотный фосфат натрия — находятся в растворе в воде, соли не сохраняют свою известную нам форму при выделении кристаллизацией. Смесь содержит "свободную" соляную, а также "свободную" фосфорную кислоту. Можно предположить, что внутри секреторирующих клеток происходит аналогичный обмен кислотами. С помощью процесса, который мы называем "жизненно важным", кислоты отделяются друг от друга, и соляная кислота вытесняется клетками. На современном уровне

знаний это жизненно важное действие является загадочным; но оно не более загадочно, чем выделение пепсина или любое другое метаболическое событие, происходящее внутри клетки.

Протеолитический фермент пепсин активен только в кислой среде. Однако, помимо своей пищеварительной функции в качестве союзника пепсина, соляная кислота сама по себе также оказывает ценное дезинтегрирующее действие на определенные компоненты пищи. Возможно, наиболее важные результаты присутствия свободной соляной кислоты в большой камере, в которую сначала поступает пища, обусловлены ее дезинфицирующими свойствами. Он уничтожает все гнилостные микробы, которые сопровождают пищу, и многие микробы, которые, попав в кровь, могли бы вызвать болезни. Он также уничтожает микробы, которые размножаются в желудке к концу каждого интервала между двумя приемами пищи. При выведении из организма желудочный сок будет сохраняться неопределенное время, если предотвратить испарение кислоты.

**Поджелудочная железа.**—По строению поджелудочная железа имеет заметное сходство со слюнными железами. Вероятно, это сходство лишь поверхностное. При тщательном рассмотрении обнаруживаются точки, по-видимому, имеющие большое морфологическое значение, по которым они различаются. В железистых трубках слюнных желез, как, впрочем, и во всех железах, за исключением поджелудочной железы, секретирующие клетки выступают в просвет. Секретирующие клетки поджелудочной железы покрыты изнутри слоем уплощенных чешуек (внутриацинарных клеток). Таким образом, они лежат между базальной мембраной, которая окружает их снаружи, и этим вторым слоем уплощенных клеток, который отделяет их от просвета трубки. На очень раннем этапе эмбриональной жизни железистые клетки поджелудочной железы заполнены гранулами с высокой светопреломляемостью. Поскольку это происходит задолго до того, как требуется какое-либо пищеварительное действие, это может быть воспринято как указание на то, что поджелудочная железа обладает функциями, которыми другие железы — например, слюнная — не обладают. Однако эти гранулы появляются не во всех отделах трубок. Определенные участки трубок остаются неразвитыми — то есть не приобретают секреторной функции — даже во взрослой жизни. Такие участки клеток, не расположенные в железистых трубках, известны как островки Лангерганса. Когда поджелудочная железа чрезмерно стимулируется искусственными средствами, что приводит к ее крайнему истощению, большие части ее железистого вещества возвращаются к этому примитивному состоянию. Клетки желез не только расходуют свои запасы гранул, но и теряют большую часть своей клеточной протоплазмы. Казалось бы, стремясь удовлетворить спрос на ферменты, они используют при их производстве собственное клеточное вещество. Исчерпав запасы угля, они топят печь ткацкими станками и мебелью с мельницы. Возможно, другие железы делали бы то же самое, если бы можно было стимулировать их так же сильно, как можно стимулировать поджелудочную железу. Результат, вероятно, обусловлен чрезвычайной восприимчивостью поджелудочной железы к действию секретина, вещества, вырабатываемого в кишечнике. Секретин можно выделить и ввести в кровь. Мы еще раз обратимся к этой химической стимуляции поджелудочной железы, когда будем отслеживать продвижение пищи по пищеварительному каналу.

Секрет поджелудочной железы представляет собой прозрачную, бесцветную щелочную жидкость сиропообразной консистенции. Количество выделяемого сока относительно невелико, но содержащиеся в нем органические вещества находятся в концентрированной форме. Они составляют до 10% панкреатического сока. Белки присутствуют, если сок свежий.

Если он постоял какое-то время, они обнаруживаются в виде пептонов. Пищеварительные ферменты панкреатического сока являются самыми мощными, которые выделяются в пищеварительный канал.

**Bile.**—В своих наиболее важных функциях печень не имеет отношения к пищеварению. Это хранилище усвоенной пищи. Поэтому этот орган будет рассмотрен в отдельной главе. Желчь, которую печень выделяет в пищеварительный тракт, не оказывает химического воздействия ни на один из компонентов пищи, за исключением слабой склонности к перевариванию крахмала. Тем не менее, это в какой-то степени связано с пищеварением. Попадая во вторую часть двенадцатиперстной кишки через отверстие, общее для печени и поджелудочной железы, она смешивается с полупереваренной пищей, или “химусом”, который примерно через два часа после еды проходит через пилорический клапан. Желудочное переваривание превратило большую часть белковых компонентов пищи в пептоны или промежуточные стадии. Протеозы или пропептоны — для промежуточных продуктов переваривания белков необходимо название, которое не обязывает нас к какой—либо теории относительно их химического состава - быстро пептонизируются панкреатическим соком. Но часть белков избежала действия желудочного сока или, самое большее, подверглась воздействию только его кислоты; они осаждаются солями желчи на слизистой оболочке тонкой кишки, которая приподнимается в виде выступающих бортиков с целью задержки прохождения химуса, чтобы он мог полностью подвергнуться пищеварительному действию сока поджелудочной железы. Соли желчных кислот также способствуют перевариванию жира и его прохождению через стенку кишечника. Действие солей желчных кислот на растекание жиров хорошо известно художникам. Бычью желчь наносят на стекло, когда требуется нанести на его поверхность масляные краски. При смешивании с маслом она вызывает его эмульгирование или распад на микроскопические шарики. При отсутствии желчи, но небольшое количество жира попадает в лимфатические сосуды, которые доставляют переваренную пищу из кишечника в грудной проток и, таким образом, к большим венам шеи. Его действие механическое. Он способствует перевариванию жиров, делая их легко поддающимися гидролизу панкреатическим соком.

Желчь, выделяемая печенью, представляет собой прозрачную жидкость с низким удельным весом; но во время ее пребывания в желчном пузыре она концентрируется за счет поглощения воды, и к ней добавляется муцин. Он содержит “соли желчи” сложного состава. Эти соли способствуют растворению определенных побочных продуктов клеточного метаболизма, холестерина и лецитина; веществ, которые образуются во многих клетках, как животных, так и растений. Холестерин в наибольшем количестве содержится в нервной ткани и в кровяных тельцах. Лецитин также является побочным продуктом метаболизма нервной ткани.

Протоплазма, по-видимому, неспособна окислять эти вещества, как и другие продукты обмена веществ. Другие вещества столь же сложного состава восстанавливаются до мочевины, если они содержат азот; до воды и углекислоты, если азот отсутствует. Холестерин и лецитин должны быть удалены без дальнейших изменений. Часть холестерина выводится сальными железами кожи. Это главный компонент “ланолина”, получаемого из овечьей шерсти; мази, которая своими ценными свойствами обязана сопротивлению, которое холестерин оказывает действию клеток и, следовательно, живых ферментов. Бактерии не могут сделать его прогорклым.

Сальные железы способны направлять обмен веществ в русло, в котором холестерин является основным продуктом, но, по-видимому, все клетки вырабатывают его в небольшом количестве. Соли желчных кислот переносят холестерин и лецитин в пищеварительный тракт, из которого они не всасываются повторно. Часть солей желчи выводится организмом, но остальные снова

поступают в кровообращение и возобновляют свою работу в качестве переносчиков этих неокисляемых и нерастворимых веществ. В желчном пузыре холестерин склонен выделяться из желчи в виде желчных камней; но происходит ли это из-за избытка холестерина в желчи или из-за ненормального воспалительного состояния слизистой оболочки желчного пузыря, все еще остается открытым вопросом.

Желчь также содержит желчные пигменты. Их цвет различен у разных животных и меняется в зависимости от того, подвергается ли желчь воздействию воздуха или воздействию восстановителей. При окислении цвет становится зеленым (биливердин); при уменьшении - коричневатого-желтым (билирубин). Желчный пигмент образуется из гемоглобина, красящего вещества крови, после удаления содержащегося в нем железа. Изношенные красные кровяные тельца разрушаются в селезенке уже описанным способом, но неясно, происходит ли превращение высвобожденного таким образом гемоглобина в билирубин в селезенке, или это химическое изменение зарезервировано для печени. Физиологи склоняются к мнению, что очагом изменений является печень.

**Кишечный сок.** Слизистая оболочка пищеварительного тракта, вплоть до середины прямой кишки, как указывалось ранее (стр. 102), усеяна трубчатыми железами. Они выделяют светло-желтую жидкость, щелочную по реакции и опалесцирующую. Его наиболее важное свойство обусловлено ферментом, который превращает тростниковый сахар в смесь декстрозы и левулозы и превращает мальтозу - сахар, образующийся при воздействии на крахмал слюны и сока поджелудочной железы, — в декстрозу. Именно в форме декстрозы сахар разносится по организму и усваивается тканями.

Кишечный сок также содержит фермент эрепсин, который измельчает тяжелые молекулы пептонов и частично образовавшиеся пептоны. Под его воздействием они распадаются на сравнительно простые тела, содержащие радикал аммиака. Вещества, содержащие  $\text{NH}_2$ —группу - при этом одна Н из  $\text{nh}_3$  (аммиака) была удалена, чтобы у группы могло быть “свободное плечо” для соединения с другими составными частями молекулы, — называются “амидами”. Амидами, наиболее характерными для действия эрепсина, являются лейцин, амидированная жирная кислота; и тирозин, амидированная ароматическая кислота. Значительный интерес представляет тенденция белков распадаться по этим двум линиям — линии жирных кислот и линии ароматических кислот. Одна линия представлена уксусной кислотой,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; другая содержит радикал гексона,  $\text{C}_6\text{H}_5$ . Бензойная кислота,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ , является представителем последней. Раньше считалось, что белки, которые были измельчены до простых тел, таких как амиды, были потеряны для экономики. Их карьера в нисходящем направлении была предрешена. Остановить его было невозможно до того, как они подняли на дно — в виде мочевины,  $\text{CO}(\text{nh}_2)_2$ — диамида углекислоты. Предполагалось даже, что этот распад белков был условием избавления от излишков животной пищи, которую мы потребляем. Химики-физиологи сейчас придерживаются совершенно иной точки зрения. Они полагают, что эпителиальная стенка кишечника, через которую всасываются эти вещества, или печень, к которой они переносятся порталным кровотоком, обладают способностью рекомбинировать эти фрагменты в сложную белковую структуру. Считается даже, что дезинтеграция является необходимым предварительным этапом перегруппировки подгрупп. Большое разнообразие белков поступает в организм с пищей. Многие из них, особенно растительные белки, совершенно чужды организму. Под действием панкреатического сока и эрепсина они

расщепляются на небольшие и относительно стабильные группы атомов, которые снова соединяются в особые формы белка, полезные для экономики.

**История одного ужина.** Химию пищеварения легче всего понять, если проследить за компонентами пищи от их попадания в рот до всасывания через стенки пищеварительного канала или оставления как неперевариваемых.

Мы можем назвать типичным блюдом то, которое состоит из хлеба, овощей, тростникового сахара, мяса, молока, жира и сыра. Во рту различные продукты измельчаются и смешиваются со щелочными выделениями слюнных желез. Определенное количество приготовленного крахмала, содержащегося в хлебе, превращается в мальтозу. В желудке переваривание крахмала продолжается некоторое время, но большая часть даже приготовленного крахмала ожидает действия панкреатического сока. Определенное количество тростникового сахара превращается в декстрозу и левулозу, которые быстро всасываются в кровь; но это действие обусловлено соляной кислотой и, вероятно, влияет на сравнительно небольшую часть проглоченного тростникового сахара. Жир в желудке практически не изменяется. Пепсин воздействует на все белки, но некоторые из них легче перевариваются, чем другие. Хлебная клейковина, как и все растительные белки, сравнительно устойчива; но поскольку она подвергается действию пепсина в небольших количествах и в губчатой форме, что очень подходит для переваривания, вполне вероятно, что большая ее часть пептонизируется в желудке. Химики, экспериментирующие с желудочным соком, взятым из желудка, и воспроизводящие условия в отношении температуры, удаления продуктов действия и т.д. настолько точно, насколько это возможно воспроизвести в лаборатории, обнаруживают, что для переваривания различных пищевых продуктов требуется разное время. Белки мяса быстрее пептонизируются в сыром виде, чем после коагуляции при нагревании. То же самое относится и к яичному белку. Среди различных сортов вареного мяса говядина быстрее пептонизируется, чем рыба. Молочный казеин быстрее пептонизируется, чем любой другой белок; и он также не является исключением из правила, согласно которому усвояемость снижается при кулинарной обработке. Аналогичные данные могут быть получены для всех пищевых продуктов. Они, без сомнения, являются полезными указателями на действие, которое, как мы можем ожидать, произойдет в желудке, но мы никогда не можем быть уверены, что милорд подчинится предписанию химика. Тренировка с удерживаемым мячом для гольфа - полезная подготовка к игре; но на звеньях есть условия, которые нельзя воспроизвести на газоне. В искусственном желудке чистая клетчатка сырой рыбы переваривается медленнее, чем сырая говядина. Даже когда говядина обжаривается, а рыба обжаривается или отваривается обычным способом, говядина исчезает через диализатор (мембранный мешочек, подвешенный в сосуде с теплой водой, в котором проводится экспериментальное переваривание) быстрее, чем рыба. Тем не менее, живой желудок лучше расположен к смешанному блюду, содержащему определенный вес рыбы, чем к блюду, в котором при сохранении других компонентов говядина заменяет рыбу. Важные выводы, без сомнения, можно сделать из наблюдений за временем, затрачиваемым на пептонизацию чистых пищевых продуктов — *т.е.* фибрина, яичного белка, чистого мяса и т.д. — в условиях, имитирующих те, которые присутствуют в желудке; но они должны приниматься со многими оговорками. В желудке желудочному соку приходится иметь дело не с чистыми веществами, а со смесями. И здесь вступает в игру самый важный фактор, о котором будет сказано далее. Количество и качество секрета желудочных желез зависит от характера пищи. Следовательно, пище или комбинации пищевых продуктов, которые легко перевариваются в лабораторных условиях, может потребоваться много времени, чтобы исчезнуть из желудка, и



*наоборот*. Усвояемость зависит от характера пищи. Это зависит также от ее физического состояния. Возьмем простую иллюстрацию: Сыр содержит свернутый казеин, один из наиболее легкоусвояемых белков, но казеин тесно смешан с жиром, на который желудочный сок не может оказать никакого воздействия. Даже будучи мелко измельченными, частицы казеина защищены жиром от воздействия сока. Точно так же мясо свинины так же легко усваивается, как и баранина, но свиной жир быстро топится и становится очень жидким. В процессе приготовления мышечные волокна насыщаются жиром.

В функции желудка не входит завершение пищеварения. Его задача - инициировать его. Пища, которая попадает в желудок отдельными кусками, доводится до состояния, при котором ее переваривание будет легко завершено панкреатическим соком. При переваривании в желудке образуется гораздо большая доля промежуточных продуктов, протеоз или пропептонов, чем при переваривании в двенадцатиперстной кишке. С такими промежуточными продуктами быстро справляется панкреатический сок. Искусственные тесты относительной усвояемости, как правило, не учитывают количество пропептонов, образующихся за данный момент времени. Рассматривая процесс переваривания обычной пищи, мы должны иметь в виду, что в обязанности желудка не входит пропускать в кровь как можно больше сахара, пептонов и жиров. На самом деле, очень немногие продукты пищеварения всасываются кровеносными сосудами желудка. О непроницаемости его слизистой оболочки свидетельствует тот факт, что почти вся проглоченная вода проходит через стенку желудка. Практически вся проглоченная вода покидает желудок через пилорический клапан. Различные соли, немного сахара и пептонов усваиваются сосудами желудка; но основная масса всех различных видов пищи попадает в двенадцатиперстную кишку в полупереваренном состоянии. Функция желудка заключается в проведении пищеварения через предварительную стадию. Процесс завершится в тонком кишечнике. Следует отметить, что, хотя вода не всасывается стенкой желудка, алкоголь проходит через нее с большой скоростью. То же самое верно для различных кристаллических азотистых тел, содержащихся в мясных экстрактах, а также для основных компонентов чая и кофе, которые по химическому составу относятся к тому же классу. Все эти вещества являются продуктами распада белков, образующихся в результате окисления, далеко продвинувшегося по пути образования мочевины. В этом избирательном поглощении мы видим доказательство активности клеток слизистой оболочки. Они поглощают вещества, которые желательно удалить из содержимого желудка. Некоторые из них могут потребоваться организму для немедленного употребления; от других лучше отказаться, поскольку они наносят ущерб процессу пищеварения.

Размышляя о деятельности клеток слизистой оболочки желудка, мы испытываем потребность в прилагательном, которое выразило бы наше признание того факта, что они обладают силой, которой мы не можем наделить нашу неуклюжую механическую имитацию желудка. Они могут дискриминировать. “Жизненно важный” - единственный доступный термин, хотя им часто злоупотребляют. Используя его без предубеждения, как говорят юристы, мы говорим о “жизнедеятельности” клеток, когда хотим подразумевать, что в живом желудке происходят вещи, которые мы не можем предусмотреть в модели. Из множества веществ, которые появляются в процессе переваривания, одни всасываются, другие остаются в смеси.

Слизистая оболочка демонстрирует свою способность контролировать пищеварение еще одним способом. В районе привратника ее структура отличается от той, что представлена в других местах. Желудочные железы короткие и имеют тенденцию разветвляться. Все

выстилающие их клетки одинакового типа. По большей части внутренней стенки желудка проходят длинные трубки. Они не разветвляются. Клетки, выстилающие их, бывают двух видов: маленькие кубические клетки (этот термин относится к их форме, показанной на разрезе), похожие на клетки пилорических желез; большие овальные клетки, расположенные своими самыми длинными осями в том же направлении, что и ось железы-трубки. Эти овальные ячейки не выступают в отверстие трубки, а вытесняются из него кубическими ячейками. Они опираются на вкладывающую, или базальную, мембрану. Все участки слизистой оболочки желудка выделяют пепсин, хотя пилорическая часть вырабатывает очень мало; соляная кислота выделяется только в области, содержащей овальные клетки. Если через короткое время после еды приготовить экстракт из части слизистой оболочки около привратника путем растирания ее солевым раствором и песком для разрушения ее клеток, этот экстракт, отфильтрованный и введенный в кровь, стимулирует железы кардиального отдела желудка. Под его воздействием они выделяют как пепсин, так и соляную кислоту. Экстракт содержит вещество, которое действует как химический посредник. Это представитель класса органов, которые играют наиболее важную роль в координации деятельности различных органов. До сих пор физиологи занимались видимыми или “внешними” выделениями желез. Они показали, как выработка этих выделений контролируется нервной системой. Недавно они обнаружили, что необходимо принимать во внимание другой набор влияний. Железы и, возможно, все другие ткани берут из крови материалы, из которых они вырабатывают свои характерные выделения, или, если они не выделяют секрета, вещества, которые им требуются для построения их собственных структур, и возвращают в кровь “внутренние выделения”, которые действуют как стимуляторы для других тканей, с которыми они связаны гармоничным сотрудничеством. Активные компоненты внутренней секреции были названы “гормонами” — *ορμῶν*, объявляю я. Железы слизистой оболочки привратника выделяют гормон, который заставляет остальную часть оболочки выделять желудочный сок (*ср. с. 89*).

Что побуждает клетки слизистой оболочки привратника вырабатывать желудочный гормон? Их активность в этом отношении, очевидно, зависит от присутствия в желудке частично переваренных белковых веществ. Клетки как бы судят, когда эти вещества вступают с ними в контакт, что большому мешку желудка предстоит выполнить больше работы. Они призывают ту часть, которая наиболее активно выделяет желудочный сок, быстро вывести его и завершить процесс переваривания. Мясные экстракты, которые содержат продукты распада белка, оказывают аналогичное влияние, способствуя образованию гормона. Отсюда, без сомнения, общий обычай, доказанный опытом как полезный, начинать обед с супа; хотя следует помнить, что быстрое усвоение мясных экстрактов делает их особенно ценными в качестве общеукрепляющих средств. Они потребляют очень мало энергии, но то, что они могут дать, быстро поступает в распоряжение экономики. Людям с чрезмерно раздраженным желудком рекомендуется избегать супов. Это приводит к нежелательной активности желез желудка, и особенно клеток, выделяющих кислоту. Хорошо пережеванный хлеб также стимулирует выработку гормона.

Здесь, возможно, стоит обратить внимание на очевидное разделение желудка на две части — большую сумку, или сердечную часть, которая свисает вниз; и меньшую, воронкообразную пилорическую оконечность, которая расположена почти вертикально. Различие между этими двумя частями слабо заметно в состоянии покоя, но даже при вскрытии брюшной полости оно имеет тенденцию стираться. То, что это гораздо более очевидно при активном переваривании, было продемонстрировано добавлением в пищу субнитрата висмута и отбрасыванием тени

желудка на экран с рентгеновскими лучами. Когда это сделано, видно, что две части работают по-разному. Пища снова и снова взбивается в сердечной части и прижимается к привратнику. Его жидкие продукты, смешанные с обильным секретом слизистой оболочки желудка, отжимаются из него пилорической воронкой. Они выдавливаются к привратнику, который через определенные промежутки времени открывается, чтобы пропустить их. Если в него попадают комки твердого вещества, пилорический клапан плотно закрывается до тех пор, пока непереваренная пища не попадет обратно в зависимый мешок. Больные диспепсией иногда с неприятными ощущениями ощущают сокращения пилорической воронки. Фактически, если не считать боли, вызванной гастритом, весь дискомфорт при диспепсии ощущается с правой стороны. Под пилорическим клапаном скапливаются газы. Клапан не открывается, чтобы пропустить его. Пилорическая часть желудка сильно сокращается. Несмотря на общую тенденцию движения в противоположном направлении, газы выдавливаются обратно в большой мешок и выходят через сердечное отверстие.

Были подготовлены таблицы, показывающие продолжительность переваривания различных пищевых продуктов. Частично они основаны на наблюдениях, проведенных на живом желудке в случаях, когда удавалось исследовать его содержимое через фистульное отверстие; частично - на результатах искусственного переваривания пищи, проведенного в лаборатории. Вряд ли будет преувеличением сказать, что подобные наблюдения абсолютно бесполезны в качестве тестов относительной усвояемости нескольких продуктов питания, потребляемых в составе обычного приема пищи. Тот факт, что начало выделения желудочного сока зависит от психических стимулов, а его продолжение - от гормонов, показывает, насколько трудно, должно быть, воспроизвести условия, которые возникают в здоровом живом организме. Самые полезные продукты, взятые сами по себе, могут дольше перевариваться или вызывать большее раздражение, чем многие менее желательные продукты, взятые в разумном сочетании. Измельченная курица, проглоченная наспех, иногда оказывается более трудной для переваривания, чем мясо, приготовленное и поданное таким образом, чтобы стимулировать аппетит и требовать пережевывания.

Возвращаясь к истории приема пищи, отметим, что овощи проходят через желудок практически в неизмененном виде. Некоторые из скудных белков, которые они содержат, пептонизированы, но если их не пережевывать очень хорошо или не готовить до тех пор, пока они не станут мягкими и, следовательно, легко размельчатся при взбивании в желудке, желудочному соку приходится проникать к белкам через клеточные стенки. Ни один из пищеварительных соков не способен растворить целлюлозу клеточных стенок растений. Кусочки растительной ткани проходят по всей длине пищеварительного тракта в том виде, в каком они были оставлены зубами. Отсюда крайняя неперевариваемость плохо пережеванного огурца или яблока. Пилорическому клапану желудка запрещено пропускать какие-либо комки пищи до самой последней стадии желудочного переваривания. Кусочки плохо пережеванной растительной ткани долго лежат в желудке, раздражая концы желудочных нервов, пока, наконец, не приходит время для их попадания через привратник в двенадцатиперстную кишку. Многие соли, содержащиеся в овощах, особенно землистые карбонаты и фосфаты, растворяются кислотой желудочного сока.

Мясо состоит из мышечных волокон, поддерживаемых соединительной тканью. В желудке желатиносодержащая соединительная ткань растворяется, освобождая волокна. Далее, волокна окружены мембраной той же природы — сарколеммой, — которая удаляется; и хотя

вряд ли оправданно говорить о “мембранах Краузе” (ср. рис. 10) как студенистые перегородки, волокна, безусловно, состоят из сегментов — дисков Боумена, саркоидных элементов, — на которые они распадаются под действием желудочного сока. В результате мясная клетчатка измельчается до мелкодисперсного гранулированного состояния. Способность желудочного сока растворять коллаген (вещество, из которого состоит соединительная ткань) можно рассматривать как его наиболее характерное свойство, поскольку это одно из его наиболее ценных свойств. Коллаген при кипячении или воздействии на него кислот вбирает воду в свою молекулу, превращаясь в желатин. Под воздействием желудочного сока желатин быстро гидролизует в диффузионный желатин-пептон. Панкреатический сок не способен воздействовать на коллаген, если только его предварительно не прокипятят или не разбухли под действием разбавленных кислот.

Жир состоит из жировых пузырьков, поддерживаемых соединительной тканью. Желудочный сок, растворяя соединительную ткань и коллагеновые стенки пузырьков, освобождает жир. Масло, хотя в холодном состоянии оно твердое, как сало, при температуре тела остается жидким или почти жидким.

Таким образом, за исключением сырых овощей, твердой клетчатки вареных овощей, эластичной ткани мяса и нескольких других неперевариваемых веществ, пища превращается в желудке в кремовый жирный “химус” с сильной кислотностью. В этом состоянии он попадает в двенадцатиперстную кишку, где сразу же вступает в контакт со щелочным секретом. Прохождение кислого химуса по этой части канала провоцирует выделение желчи и панкреатического сока. За счет осаждения частично переваренных белков и “кисло-альбуминовой” желчи смесь становится более густой и липкой. Она окрашивает ее в желтовато-коричневый цвет. Под влиянием панкреатического сока оставшиеся белки и протеозы быстро превращаются в пептоны, некоторые из которых под сильным действием эрепсина расщепляются на более простые тела, такие как лейцин, тирозин и др. Химус становится щелочным, серым и жидким. Весь непереваренный крахмал превращается в мальтозу, а та - в декстрозу. Тростниковый сахар превращается в декстрозу и левулозу. Эти сахара всасываются в кровь. Молочный сахар, если он не превращается в молочную кислоту, остается в виде лактозы ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), в этом состоянии он усваивается без “инверсии” Жиры расщепляются ферментом сока поджелудочной железы на жирную кислоту и глицерин; часть жирной кислоты соединяется со щелочью, образуя мыло, но об этом мы подробнее поговорим позже.

Проток, общий для печени и поджелудочной железы, открывается во вторую часть двенадцатиперстной кишки. Органы, вырабатывающие желчь и панкреатический сок, сравнительно удалены от места, где их выделения вступают в контакт с пищей. Каким механизмом они приводятся в действие, когда требуется помощь их выделений? Как и в случае с желудком, возбудителем является гормон, химический посредник. Гормон, называемый “секретином”, образуется клетками слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки при контакте с кислотой. Он всасывается кровью, которая доставляет его к поджелудочной железе и печени. Когда он достигает поджелудочной железы, он действует как самый мощный стимулятор выведения накопленных ферментов и выработки дополнительного запаса. Он стимулирует печень выделять желчь. В настоящее время мы находимся в неведении относительно химической природы этого гормона. Это не белковое вещество и не фермент. Если соскобы со слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки измельчить с песком и соляной кислотой, смесь прокипятить, нейтрализовать карбонатом соды и отфильтровать, то

полученная прозрачная бесцветная жидкость при попадании даже в небольших количествах в кровь оказывает мощное воздействие на поджелудочную железу. По-видимому, клетки слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки постоянно вырабатывают и накапливают вещество, которое при воздействии кислоты превращается в секретин. Кислоте нет необходимости стимулировать живые клетки. Если слизистую оболочку размельчить с песком и соевым раствором, фильтрат будет неактивным, но при обработке измельченных клеток **HCl** получается активный экстракт. Это превращает некоторое вещество, которое они содержат (условно называемое “просекретин”), в эффективный гормон.

В нижней части тонкого кишечника вся оставшаяся мальтоза превращается в диффундирующую декстрозу. В канал попало очень большое количество воды с различными пищеварительными соками. Это количество вместе с выпитой водой всасывается в толстом кишечнике. В нижнем отделе пищеварительного тракта не остается ничего, кроме неперевариваемых веществ, поступающих с пищей, главным образом клетчатки, пигментов и других тел, которые, как уже говорилось, выводятся с желчью.

Всасывание воды контролируется приемом внутрь хорошо растворимых солей, таких как сульфат магнезии, тяжелая молекула которого с трудом диффундирует. Мы объясняем тот факт, что сульфат магнезии остается в кишечнике и предотвращает диффундирование воды из него, его медленным прохождением через мембрану, потому что именно это происходит при диализе;<sup>[2]</sup> но мы должны помнить, что живая стенка кишечника не является мембраной. Клетки, выстилающие кишечник, усваивают вещества, гораздо менее легко диффундирующие, чем сульфат магнезии, от которого они отказываются. Тем не менее, говоря в целом, чем менее диффузионные соли действуют как вспомогательные вещества, тем более диффузионные соли поглощаются. Касторовое масло ускоряет продвижение содержимого пищеварительного тракта. Перистальтику кишечника стимулируют определенные лекарственные средства, такие как халап или продукты сгорания табака. Другой класс лекарств, примером которого является алоэ, увеличивает секрецию кишечника, тонкого или толстого. Определенные слабительные, такие как каломель, подофиллин и др., раньше считались желчегонными средствами. Предполагалось, что они увеличивают отток желчи. Это ошибка. Их действие сложно, но оно влияет главным образом на перистальтику кишечника. Бедная, неправильно понятая печень все еще страдает от наветов примитивной медицинской науки. Это самый невинный из органов, никоим образом не ответственный за нарушения пищеварения. Он выполняет свои функции без спешки и задержек. За возможным исключением салицилата соды, не известно ни одного препарата, который мог бы стимулировать более быстрое выделение желчи.

**Всасывание.**—Все клетки, выстилающие пищеварительный канал, способны поглощать пищу, если она подается им в подходящей форме. В подходящей форме означает, вообще говоря, в диффузионном состоянии, хотя не следует предполагать, что эпителиальные клетки неспособны при определенных обстоятельствах усваивать недиффузионные вещества, точно так же, как одноклеточный организм — амфибия — может усваивать пищу. При введении растворимых белков, таких как яичный белок или кислотный альбумин, в толстый кишечник всасывается очень значительная часть введенного таким образом вещества. Действительно, таким образом можно получать всю необходимую организму азотистую пищу, ни одна из которых не поступает через рот. При введении молока также сохраняется определенное количество жира. Можно

показать, что такое всасывание происходит, когда пища не переваривается в толстой кишке. Пища усваивается эпителиальными клетками в том виде, в каком она вводится.

Органами, специально предназначенными для всасывания, являются ворсинки, которые выступают в содержимое тонкой кишки. Каждая представляет собой конический отросток длиной около 0,5 мм. Ворсинки самые длинные в верхней половине тонкой кишки. Ниже этого уровня их количество и размер уменьшаются. Ворсинки полностью покрыты эпителиальными клетками короткой столбчатой формы. Свободная граница каждой ячейки слегка затвердевает, образуя диск или колпачок, который в оптическом разрезе кажется исчерченным — признак, как некоторые думают, того, что его пересекают поры. Другие считают, что появление исчерченности происходит из-за мельчайших ресничкообразных выступов, которые окружают свободную границу каждой клетки. У червей и других беспозвоночных клетки несут подвижные выступы немалого размера, которые, без сомнения, освобождают их поверхности от неусваиваемого вещества, которое имеет тенденцию накапливаться на них. Возможно, они помогают фиксировать частицы, пригодные для всасывания. У млекопитающих наличие ресничек не было продемонстрировано. Чрезвычайная мелкость полосок, по-видимому, указывает на то, что они являются всего лишь признаками того, что граница проницаема для жидкостей, включая капельки жира.

Так называемую базальную мембрану, на которой покоятся эпителиальные клетки, не следует рассматривать как мембрану в физическом смысле. Скорее, это плетеная корзина, которая поддерживает клетки, ни в какой степени не ограничивая их способность извергать в лимфатические пространства ворсинок вещества, которые они поглотили. Внутри ворсинок соединительная ткань образует губчатую структуру, пространства которой заполнены лимфой, в которой бродит значительное количество лейкоцитов, без сомнения, высматривающих любые микробы, которые могут проникнуть между эпителиальными клетками. В центре ворсинки находится лимфатический корешок — т.е. веретенообразный тупик, который представляет собой расширенный конец лимфатического сосуда. Он, как и все другие лимфатические сосуды, покрыт уплощенными эндотелиальными чешуйками. Она сообщается с лимфатическим сплетением под слизистой оболочкой, которое, опять же, сообщается с более грубым сплетением за пределами мышечной оболочки. От околоишечного сплетения сосуды, лежащие в брыжейке, сходятся к хилусовому сосудистому сосуду, выпуклому началу грудного протока, который находится в задней части брюшной полости перед телами позвоночных. Грудной проток проходит вверх по передней части позвоночного столба, через грудную клетку, а затем зацепляется, чтобы перелить жидкость, которую он доставляет, в крупные вены незадолго до того, как они присоединяются к сердцу. После приема пищи, содержащей жир, жидкость в лимфатических сосудах брыжейки, молочных железах, приобретает, как уже указывалось (стр. 43), вид молока. Жир, поглощенный эпителием, покрывающим ворсинку, поступает в ее лимфатическое пространство. Из него в центральное млечное вместилище, оттуда в подслизистое и околоишечное сплетения, млечные сосуды брыжейки, грудной проток. Поглощенный жир не проходит через печень, а переносится в сердце; оттуда через легкие и обратно к сердцу, которое перекачивает его во все части тела. В дополнение к млечному корешку ворсинка содержит длинные капиллярные кровеносные сосуды, а также артериолу и венулу, в которых они начинаются и заканчиваются. Они проходят через лимфатические пространства соединительной ткани, которая содержит не только жир, попавший в нее эпителиальными клетками, но и другие продукты пищеварения. Ни один из жиров не проникает через стенки кровеносных сосудов, но другие продукты диффундируют из лимфы через стенки

сосудов в кровь. Множество нервных волокон находится в ядре ворсинки на пути к эпителиальным клеткам или к одному или двум простым мышечным волокнам, которые расположены в направлении ее длинной оси. Для каждой ворсинки есть маленький насос. За счет сокращения мышечных волокон она укорачивается, и жидкость из ее млечного корешка вытесняется в подслизистые сосуды.

Необходимо рассмотреть две проблемы: во-первых, в какой форме и с помощью какого механизма усваиваются несколько видов пищи? Во-вторых, что с ними становится после того, как они были поглощены?

Очевидно, что эпителиальная клетка является поглощающим механизмом. Это не мембрана, подчиняющаяся законам, регулирующим диффузию жидкостей через мембраны, а живая клетка. Вряд ли существует какой-либо предел его способности выбирать пищу, которую он употребляет. Он мог бы поглощать альбумин и жиры как таковые и, очень возможно, поглощает. Тем не менее, тщательно продуманное обеспечение превращения альбумина в диффундирующий пептон, а тростникового сахара и мальтозы в легкодиффундируемую декстрозу предполагает, что вещества, которые могут проходить через мембраны, усваиваются легче, чем вещества, которые этого не делают. До определенного момента мы вправе рассматривать поглощение как физическую проблему. Но мы не должны слишком заикливаться на физических аспектах проблемы. Если бы всасывание пищи было просто процессом диффузии, потребовалось бы огромное количество воды для переноса диффузируемых продуктов пищеварения в ворсинки. Прохождению пищевых продуктов способствует избирательная активность эпителиальных клеток. Пептонизация значительно облегчает работу эпителиальных клеток, но это не является условием, необходимым для всасывания, что касается растворимых белков. Однако важно, чтобы белки были представлены эпителиальным клеткам в растворимой форме. Они ничего не могли поделать с твердыми волокнами мяса, как бы сильно они ни были разложены при пережевывании и действии соляной кислоты. Только после переваривания пепсином и трипсином все белки пищи превращаются в раствор. Переваривание необходимо для того, чтобы довести их до состояния, при котором эпителиальные клетки могут их усваивать.

Много размышлений было посвящено вопросу о форме, в которой усваивается жир. Жир в химическом смысле, то есть чистый жир, представляет собой соединение жирной кислоты и глицерина. Сало, топленое сало, сливочное масло, растительные масла и т.д. Представляют собой смеси нескольких жиров. Все они состоят из глицерина, соединенного с жирными кислотами. К кислотам относятся стеариновая, пальмитиновая, олеиновая и другие, менее важные. Жиры нерастворимы в воде; то же самое относится и к жирным кислотам. Жирная кислота в сочетании со щелочью (вместо глицерина) представляет собой мыло. Мыло растворимо в воде. Если молоко исследовать под микроскопом, то обнаруживается, что оно содержит капельки жира, разного размера, но все мельчайшие. Более крупные капли имеют тенденцию подниматься на поверхность в виде крема, но более мелкие не стекают вместе. Если молоко, с которого были сняты сливки, стерилизовать, оно сохраняет свой обычный вид в течение неопределенного времени. Жир в нем остается в виде капель. Говоря техническим языком, молоко представляет собой эмульсию. Теоретически масло и вода могли бы образовать эмульсию, если бы капельки масла были достаточно мелкими. Такое состояние было практически достигнуто путем перемешивания масла и воды с толченым стеклом. Но чем более вязкая среда, через которую распределяются масляные шарики, тем больше



сопротивление их слипанию. Если прогорклое масло— в котором определенное количество жирной кислоты выделилось из глицерина, с которым оно соединяется в нейтральном жире, взболтать с водой, содержащей карбонат соды, легко образуется эмульсия. Карбонат соды и жирные кислоты образуют мыло. Раствор мыла достаточно вязкий, чтобы удерживать капельки масла отдельно друг от друга. Эмульгирование жиров происходит в кишечнике. Можно было бы предположить, что эпителиальные клетки поглощают жир в этом мелкодисперсном состоянии. Но следует помнить, что какими бы крошечными ни были капли, они чрезвычайно велики по сравнению с молекулами пептонов и сахара, которые поглощают эпителиальные клетки. Маловероятно, что жир всасывается способом, столь сильно отличающимся от того, каким другие продукты попадают в эпителиальные клетки. Также нет необходимости делать какие-либо подобные предположения. Панкреатический сок содержит фермент, который быстро расщепляет жиры на составляющие их жирные кислоты и глицерин. В присутствии щелочи жирные кислоты превращаются в мыло. В этом растворимом состоянии мыла и глицерина жиры, вероятно, всасываются. Как только они попадают в клетку, жирные кислоты и глицерин воссоединяются с образованием жиров, освобождая их от щелочи. Щелочь возвращается в кишечник, где она доступна в качестве растворителя для дальнейших капель жира. Капли жира накапливаются в эпителиальных клетках. Во время активного пищеварения их также можно увидеть в клетках соединительной ткани, в лейкоцитах и в лимфе внутри млечного сосуда. Эпителиальные клетки выдавливают капельки масла в обратном направлении во многом таким же образом, как клетки молочных желез выдавливают шарики молока. У травоядных, а также у Человека, насколько мы можем судить, содержимое тонкого кишечника щелочное. Следовательно, условия благоприятны для образования мыла. Но у плотоядных кислым является содержимое большей части канала. Вряд ли нужно говорить, что кислота предотвращает омыление. Однако плотоядные животные обладают огромной способностью поглощать жир. Жирные кислоты в умеренной степени растворимы в желчи. Возможно, что после расщепления жиров на жирные кислоты и глицерин жирные кислоты попадают в клетки в виде раствора с желчью. Но если у плотоядных желчь активно участвует в всасывании жира, то нет никаких оснований возражать против того, чтобы она выполняла ту же функцию у человека; и действительно, все наблюдения, которые были сделаны над пациентами, у которых желчь по какой-либо причине отводилась из кишечника, и у животных, у которых искусственно образовался свищ в желчном пузыре, показывают, что в отсутствие желчи всасывание жира значительно снижается. Тем не менее, нет никаких оснований думать, что желчь выделяется с целью облегчения усвоения жира. В кишечник коровы, питающейся травой, поступает столько же желчи, сколько в кишечник свиньи или собаки, когда животное потребляет очень большое количество жира. Тем не менее, представляется несомненным, что не только у плотоядных, но и у травоядных животных для удовлетворительного усвоения жира необходима помощь желчи. Несомненно, взаимодействие желчи и панкреатического сока более важно для плотоядных, чем для травоядных животных, у которых из-за щелочности содержимого кишечника все жирные кислоты, высвобождаемые под действием панкреатического сока, могут быть преобразованы в растворимые мыла.

Проблема формы, в которой пищевые продукты попадают в поглощающие клетки, тесно связана с другой проблемой - формой, в которой они их покидают. В ворсинках и даже внутри эпителиальных клеток жир как таковой присутствует в избытке. Если, как у нас есть основания полагать, он поступает в виде мыла и глицерина, то повторное образование жира является иллюстрацией синтетической способности тканей. Для целей экономии он необходим как жир,



а не как составляющие жира. Нет никаких оснований думать, что на какой-либо стадии своего дальнейшего развития он снова расщепляется на жирные кислоты и глицерин.

Мы не можем видеть поглощенные белки под микроскопом, как мы можем видеть жир, и не можем применить химические тесты, которые позволят отличить белки, которые содержались в клетках до начала переваривания, от белков, которые они получили в результате. Тем не менее, несомненно, что пептоны вновь превращаются в белки, как только они всасываются. Их нельзя обнаружить в крови или лимфе. Если бы пептоны, поглощенные после белковой пищи, оставались таковыми после прохождения через стенку пищеварительного тракта, они приводили бы к различным нежелательным результатам.

Существует некоторая трудность в следовании за капельками жира через пространство, которое находится между эпителием ворсинки и ее млечным корешком. Утверждалось, что лейкоциты действуют как переносчики, улавливая капли, выталкиваемые эпителиальными клетками, и перенося их в корешок, где они высвобождают их. Несомненно, в лимфатических пространствах ворсинок присутствует много лейкоцитов. После еды обнаруживается, что они насыщены жиром. Но вряд ли то, что мы знаем о характере лейкоцита, согласуется с предположением, что он будет выделять жир, который он когда-то проглотил в свое собственное тело-субстанцию. Лейкоцит не является незаинтересованным организмом. Если капельки жира перемещаются из эпителия в млечную железу, лейкоциты почти наверняка украдут часть из них. Но мы не знаем ни одного другого случая, когда они отдавали бы украденное, если только это не было чем-то вредным для их собственного здоровья. Даже тогда они обычно цепляются за него, будь то микроб или частица сажи, до тех пор, пока их собственное растворение не освободит его.

Ни белки, ни сахар не попадают в млечный корешок. Оба эти вещества всасываются из лимфы в тканевых пространствах ворсинок кровеносными капиллярами и венулами, которые пересекают их. Вены кишечника соединяются, образуя воротную вену, по которой белки и сахар доставляются в печень, где они накапливаются и по мере необходимости выводятся в кровоток тканями.

**Бактерии пищеварительного тракта.**—Ферменты (закваски) нескольких пищеварительных соков - не единственные агенты, которые изменяют состав пищевых продуктов в пищеварительном тракте. На протяжении всего тракта условия во многих отношениях благоприятны для роста гнилостных организмов. Рот, желудок, тонкая и толстая кишки имеют свою особую бактериальную флору. Сомнительно, что какой-либо из этих организмов, за единственным исключением бактерий, которые у травоядных животных расщепляют целлюлозу, благоприятен для пищеварения. То, что в них нет необходимости, было показано в ходе остроумного эксперимента на новорожденных животных. Морские свинки, рожденные в асептической камере, через которую пропусклся отфильтрованный воздух, и которых каждый час кормили стерилизованным молоком, росли и прибавляли в весе. Когда они были убиты по истечении восьми дней, в их пищеварительном тракте не было никаких микробов. Тем не менее, у всех животных в обычных условиях бактерии присутствуют в большом количестве, во всяком случае, после периода выкармливания, и, хорошо это или плохо, производят важные ферменты. Утверждается, что в кишечнике младенца, находящегося у груди, присутствует только одна бацилла (*B. bifidus*), и то дружественный микроб; в то время как ребенок, находящийся на искусственном вскармливании, содержит множество паразитов.

В желудке сахар преобразуется *бактерией acid lactici* в молочную кислоту, которая далее расщепляется на масляную кислоту, углекислый газ и водород. Также образуются янтарная кислота и другие вещества. Это происходит на первой стадии желудочного переваривания. Когда изливается значительное количество соляной кислоты, молочнокислое брожение прекращается. Небольшое количество образующихся в норме газообразных продуктов не имеет большого значения, но метеоризм - самый неприятный симптом несварения желудка. “Доверьтесь Провидению, и вы почувствуете себя бодрее после ленча”, - якобы заметил доктор Джоветт своему подавленному другу. Присутствие пищи стимулирует сокращение желудка. Скопившиеся газы выводятся. Выделяется соляная кислота, которая на время останавливает брожение. Но если еда слишком тяжелая или слизистая оболочка находится в раздраженном состоянии, содержимое желудка становится чрезмерно кислым на более поздних стадиях переваривания. Затем развиваются другие бактерии, что приводит к новым неприятностям; скапливается больше газов, и расстройство желудка становится сильнее, чем было раньше. К сожалению, антисептики, такие как креозот, и ветрогонные средства, такие как масло лаванды, масло мяты перечной или спирт, которые на данный момент приносят облегчение, усиливают раздражительность и, следовательно, в долгосрочной перспективе усугубляют ситуацию. Именно ферментация на более поздних стадиях пищеварения вызывает наибольшее раздражение. Каким бы замечательным ни был совет Мастера Баллиола, он едва ли учитывал тот факт, что бактерии, вызывающие метеоризм с возникающим в результате чувством подавленности, образуются по большей части из неполностью переваренных и, следовательно, активно ферментирующихся остатков пищи, которые присутствовали в желудке на момент приема пищи. Рассмотрение патологии диспепсии выходило бы далеко за рамки данной книги, но изучение нормальных условий показывает тот факт, что определенное количество брожения неизменно происходит. *Молочнокислые бактерии* всегда присутствуют в желудке. Обычно его активность приостанавливается соляной кислотой желудочного сока примерно через двадцать минут после еды. После этого дальнейшее размножение бактерий происходить не должно. Присутствие бактерий, которые растут в сильнокислой среде, обычно указывает на то, что желудок не был полностью опорожнен до того, как в него попала свежая пища. Возможно, последний прием пищи был слишком обильным или интервал между приемами пищи был слишком коротким. Если слизистая оболочка находится в нездоровом состоянии, ее собственные выделения служат материалом для размножения бактерий. Ничто, кроме промывания желудочным насосом, не очистит ее. Наличие во время кормления пищи, оставшейся от предыдущего приема пищи, вероятно, увековечит неудовлетворительное состояние дел. Все железы пищеварительного тракта проявляют тенденцию к периодичности. Их эффективность наиболее высока, когда активность следует за периодом покоя. Если желудок не в состоянии удалить свое содержимое, у него нет возможности подготовиться к употреблению в свежем виде. Жир подвергается определенной степени прогорклого брожения в желудке. Бактерии в желудке не атакуют белки, если только состояние органа не является очень неудовлетворительным. В этом случае запах продуктов их разложения можно распознать в дыхании.

Бактериальное брожение в тонком кишечнике при нормальных условиях не имеет значения, за исключением брожения целлюлозы. Эмпирическая формула целлюлозы такая же, как и у крахмала. Он полностью нерастворим и не подвергается воздействию каких-либо пищеварительных соков. Однако большая часть целлюлозы, потребляемой травоядными,

расщепляется бактериями на уксусную и масляную кислоты, углекислоту и болотный газ. В Человеке также небольшое количество разрушается подобным образом.

В толстом кишечнике бактериальные брожения мало чем отличаются от тех, которые происходят в желудке, с, вдобавок, разрушением белков или продуктов переваривания белков. Чем большее количество непереваренной пищи попадает в толстый кишечник, тем больше размножаются бактерии. Когда желудок расширен, восходящая ободочная кишка, и особенно ее нижняя кишка, обычно также расширены. Бактериальная ферментация в толстом кишечнике с возникающим в результате метеоризмом свидетельствует о несовершенном пищеварении, вызванном либо избытком пищи, либо слабостью органов пищеварения, либо, как это бывает чаще, сочетанием этих двух факторов. Связь ферментации с питанием можно показать путем подсчета микробов в образце содержимого толстого кишечника. В одном конкретном случае он снизился с 65 000 на миллиграмм при смешанном рационе до 2000 на миллиграмм при молочном рационе.

В мире в целом бактерии выполняют множество функций, чрезвычайно полезных для других живых существ. Они фиксируют азот в почве, подслащивают загрязненные реки, уменьшают количество животных и растительных веществ до состояния, при котором они доступны в качестве растительной пищи. Их присутствие в пищеварительном тракте неизбежно; но несколько сомнительно, оказывают ли они экономике какую-либо услугу, без которой она не могла бы обойтись, за исключением ферментации целлюлозы. Как паразиты пищеварительного тракта, некоторые виды менее желательны, чем другие. Недавно был введен и с большим энтузиазмом пропагандировался метод ограничения их разнообразия, как благоприятный для гигиены пищеварительного тракта. В странах, где коров летом перегоняют на горные пастбища, крестьяне равнин живут во время их отсутствия в основном за счет молока, которое время от времени спускают вниз и дают ему прокиснуть. В кислом молоке в Болгарии развиваются бактерии необычайной силы. Они могут жить в среде, содержащей до 10% белка. молочной кислоты в концентрации, смертельной для других форм *бактерий acidilactici*. Она легко культивируется и при попадании в организм продолжает размножаться в пищеварительном тракте. Эта бактерия настолько похотлива, что делает невозможной жизнь других микробов. Поскольку мангуст вымирает через два-три месяца, кажется маловероятным, что человек, проглотивший болгарские молочные зародыши, рискует вызвать повторение трагедии, последовавшей за акклиматизацией мангуста на Ямайке. Его превосходство приписывается его способности вырабатывать концентрацию молочной кислоты, слишком высокую для благополучия других бактерий; но маловероятно, что у него есть возможность сделать это в пищеварительном тракте человека, живущего на смешанном питании. Исчезновение других бактерий (если они вообще исчезли), скорее всего, происходит из-за антагонизма более тонкого рода, в настоящее время необъяснимого, но не лишённого параллелей. Очищающее воздействие воды Ганга на протяжении веков было догматом веры. Паломники из охваченных лихорадкой районов купаются в нем, загрязняют его, пьют, а трупы их собратьев плывут вниз по течению. Недавно было показано, что эта вера не лишена оснований. Вода Ганга в Бенаресе содержит бактерии, которые подобны тиграм среди мелких паразитов. Микробы холеры и брюшного тифа исчезают из культур, в которые вводятся эти бактерии-переносчики.

**Условия, необходимые для нормального пищеварения.** Когда месье Шеврелю, профессору химии в Ботаническом саду Парижа, исполнилось сто лет, интервьюер очень естественно спросил его: “У вас всегда было хорошее пищеварение?” На это все еще энергичный

профессор ответил: “Я действительно не могу сказать, потому что никогда не замечал”. Пока желудок хорошо используется, он является незаметным органом. Она тиранична, когда считает себя жертвой бесцеремонного обращения. Изучение его физиологии показывает, что он будет работать удовлетворенно только при определенных четко определенных условиях, из которых следующие, пожалуй, наиболее важны: желудок должным образом предупреждает о том, что требуются его услуги. Органы обоняния и вкуса должны сообщать о приближении пищи и гарантировать ее качество. “Что я могу съесть?” - спросил крупный, энергичный, нетерпеливый, перегруженный работой адвокат у великого врача. “Есть, сэр? Вы можете есть все, что захотите. Но будьте совершенно уверены, что вам это действительно нравится. Мудрый совет. Человечество не выработало бы сильных предпочтений к определенным видам пищи, если бы все продукты были одинаково пригодны для удовлетворения его потребностей. Вкус - это не вопрос моды. Это выражение опыта человечества. Какими бы причудливыми ни сделала нас цивилизация и как бы легко ни извращался аппетит, если мы уверены, что нам действительно нравится и хочется есть, мы можем быть уверены, что наши пристрастия будут вести нас так же безопасно, как они ведут буйвола или оленя. “Ешьте то, что вам нравится”. Еда с удовольствием несет в себе идею получения максимального удовлетворения от выполнения этой необходимой функции. Большинство блюд, которые считаются нездоровыми, имеют насыщенный вкус или богатую консистенцию. Они приятны на вкус, если их разложить очень тонким слоем. Нецелесообразно накладывать себе икру столовой ложкой. Во-вторых, желудок должен быть уверен, что зубы выполняют свою часть работы должным образом. Среди множества полуправд, которые с каждым годом возводятся в ранг откровения или правила поведения, есть доктрина “жующих” - людей, которые не принимают пищу, но усердно и почти непрерывно пережевывают орехи и печенье. В-третьих, прием пищи не должен быть настолько обильным, чтобы желудок не мог справиться с ним “за один присест”. Через два-три часа последняя пища должна пройти через привратник, позволив желудку отдохнуть, прежде чем он снова начнет работать. Поскольку белки - практически единственные продукты, которые перевариваются в желудке, работа, необходимая этому органу, зависит от количества белков, присутствующих среди компонентов пищи. Мясо - пища, богатая белками, хотя хлеб, овощи, молоко, сыр также содержат их. Некоторые люди могут переваривать три мясных блюда в день; но другие, вероятно, большинство, считают, что неразумно употреблять сколько-нибудь значительное количество мяса чаще одного раза в сутки. Только когда клетки желудочных желез накопили запас пепсиногенных гранул, переваривание белков энергично продолжается. В-четвертых, пища должна быть в такой форме, в которой она не раздражает желудок, провоцируя отток кислоты, непропорциональный пепсину, который ее сопровождает. Только опыт может подсказать, каких продуктов следует избегать по этой причине. Но, говоря в целом, можно сказать, что желудок возмущается присутствием веществ, которые не могут быть объединены в химус. Его задача - довести смесь продуктов, из которых состоит блюдо, до консистенции однородной сметаны. Горячие тосты или коржи для пирога, намазанные маслом, состоят из достаточного количества полезных компонентов, но поскольку жир растворяется в крахмале, кусочки непроницаемы для желудочного сока. Они механически действуют как раздражители слизистой оболочки. Опять же, можно сказать, что “чистые” продукты склонны провоцировать повышение кислотности. Ничто не может быть полезнее яиц, мясного фарша или пудинга с заварным кремом; но сами по себе эти диетические продукты чрезмерно стимулируют слизистую оболочку. Их нужно разбавлять пищевыми крахмалами или даже клетчаткой.

И это привлекает внимание к диетической ценности овощей. Овощи, состоящие в основном из непитательной клетчатки, распределяют легкоусвояемые компоненты блюда и увеличивают его объем, что значительно способствует его продвижению по пищеварительному тракту. Особенно для травоядных важно, чтобы объем и рыхлость пищи хорошо сохранялись. Кролики прекрасно питаются сахаром, крахмалом и альбумином, смешанными с таким абсолютно неперевариваемым веществом, как роговая стружка. Если исключить инертное вещество, они умирают от воспаления кишечника, хотя питаются той же смесью чистых продуктов. Можно было бы упомянуть и другие правила, управляющие пищеварением; и нет необходимости указывать, что, когда механизм нарушен, должны быть предприняты шаги, адаптированные к конкретному заболеванию, чтобы вернуть его в нормальное состояние. Существует, однако, одна мера предосторожности, на которую в определенном числе случаев невозможно делать слишком большое упор. Переваривание белков редко проходит удовлетворительно, когда за один прием пищи съедается много сахара, особенно тростникового. Чрезмерное молочнокислое брожение препятствует надлежащей пептонизации мяса. Химия пищеварения изучена недостаточно хорошо, чтобы физиолог мог сказать, что не так; но, вероятно, образуются побочные продукты пептического пищеварения. Для многих людей это не имеет большого значения; но для тех, кто проявляет склонность к подагре, это, к сожалению, очень серьезная проблема. Цивилизованные расы особенно подвержены мочекиислому диатезу. В процессе азотистого метаболизма вместо полностью окисленной и легкорастворимой нейтральной мочевины образуется мочевая кислота. Хотя химическая последовательность еще не открыта, нет никаких сомнений в том, что несовершенное пищеварение в желудке приводит к образованию мочевой кислоты со всеми ее печальными последствиями: недомоганием, болью в шее, эмоциональной депрессией. Птицы и рептилии образуют мочевую кислоту как конечный продукт азотистого обмена, а не мочевину. То же самое делают отцы городов, мясники и другие люди, чей рацион слишком сильно состоит из мяса. Многие нервные, плохо питающиеся мужчины и женщины склонны поступать так же, каким бы умеренным ни было их питание. Бесплезно советовать таким людям уменьшить количество белков в своем рационе. Их попытки увеличить количество крахмала, сахара и жира за счет азотистых продуктов приводят к диспепсии, что усугубляет ситуацию. Однако они часто обнаруживают, что, если они тщательно ограничивают количество углеводов (особенно сахара), которые они употребляют в сочетании с мясом, рыбой, яйцами или другими белковыми продуктами, образование мочевой кислоты прекращается. Сахар, хлеб, фрукты и другие углеводы можно употреблять в изобилии и с большой пользой на завтрак и обед, без белковой пищи, если ужин состоит из бульона, рыбы, мяса, сыра, овощей с минимальным количеством хлеба.

**История приема пищи после всасывания.** Все пищевые продукты, за исключением неорганических солей и солей различных растительных кислот, подразделяются на три класса: (1) Белки — вещества сложного химического состава, содержащие азот; (2) углеводы — названные так потому, что водород и кислород в тех пропорциях, в которых они участвуют в образовании воды, соединяются с углеродом; (3) жиры. Белки различных видов употребляются в пищу. Пептоны, образующиеся из них при переваривании, также различаются. Тем не менее, очень мало известно о различиях в физиологической ценности, которые отличают различные виды белка при всасывании в жидкости организма (*ср. с. 134*). Все углеводы после переваривания и всасывания проявляются в виде декстрозы. Различные жиры сохраняют свою индивидуальность до тех пор, пока не будут усвоены тканями. Фиксируясь в тканях, они принимают, за исключением несколько ненормальных условий, состав, характерный для жира

животного, которое их съело. Если собаку, подвергшуюся сильному голоданию, кормить бараньим жиром, то в первую очередь она набирает жир, напоминающий овечий, а не обычный собачий. Однако, как только он становится хорошо питательным (чего никогда бы не произошло, если бы к бараньему жиру не добавляли немного белков и углеводов), его жир принимает обычную форму.

Для практических целей мы вынуждены говорить о трех классах пищи — белковых, углеводных и жирных — так, как если бы в каждом классе был только один представитель. И у нас есть множество доказательств того, что такая простая классификация полностью оправдана. Организм обладает настолько большой способностью изменять химическую природу поглощаемой им пищи, что в дальнейшей истории употребления пищи практически не имеет значения, является ли поступающий в нее белок альбумином или глобулином; жир, стеарин, пальмитин или олеин; углевод, крахмал или сахар.

В прежние времена было принято рассматривать организм как получателя разнообразных пищевых продуктов, которые он мог расщеплять на более простые вещества путем окисления, но не мог реконструировать. Растения считались производителями органических соединений, животные — разрушителями сложных веществ, производимых растениями. Объединение молекул, синтез, рассматривался как функция растительного царства. Животные встраивали в свои ткани продукты, выработанные растениями; некоторые из этих продуктов они измельчали на куски с целью высвобождения их энергии; другие медленно распадались в результате "износа тканей". Постепенно стало понятно, что в организме происходят многие химические изменения, которые нельзя рассматривать просто как проявление его аналитических способностей. Ткани были признаны лабораториями, в которых происходят реакции, заключающиеся в чем-то большем, чем расщепление сложных молекул на более простые. Самые ранние понятые примеры были связаны с историей углеводов и жиров. При заболевании сахарным диабетом выделяется огромное количество сахара, составляющее в крайних случаях от 1 до 2 фунтов в сутки. Когда в пище присутствуют углеводы, количество сахара, выделяемого при диабете, больше, чем при отказе от них; при почти исключительно белковой диете количество выделяемого сахара намного превышает количество углеводов в пище. Еще одну иллюстрацию способности производить сахар, которой обладает животноводство, дает собака, питающаяся постным мясом, и ничем другим. Сахар содержится в его крови, а запас углеводов (гликоген) — в печени. Образование жира является примером конструктивного метаболизма. Существует множество свидетельств того, что количество вырабатываемого жира может значительно превышать количество, содержащееся в пище. Животных откармливают для продажи на рациионе, который содержит меньше жира, чем тот, который накапливается в их организме. При вскармливании детенышей животное может выделять с молоком гораздо больше жира, чем оно получает с пищей. Было большой ошибкой полагать, что организм зависит от своих поставщиков жира и сахара. Любое из этих веществ оно может вырабатывать из смешанного рациона, в котором его относительно мало. Однако это должен быть смешанный рацион. Животное не может питаться исключительно жирами или углеводами. Следовательно, для нас невозможно определить, может ли оно, если дано только одно, превратить его в другое. Химики очень не хотели приписывать организму способность выполнять даже самое простое из этих превращений — превращение углеводов в жиры. Белки являются важными составляющими рациона, способствующего набору веса. Их чрезвычайно сложная молекула всегда предоставляла заманчивое поле для арифметической изобретательности. Из него легко удалить атомы, необходимые для состава жира, и все же оставить такие группы атомов,

которые, как можно разумно предположить, составляют его “азотистую составляющую”. Гипотеза о том, что метаболические возможности организма ограничены аналитическими процессами, оправдывает предположение о том, что, когда жира откладывается больше, чем содержится в пище, баланс обеспечивается за счет белковых веществ, которые расщепляются на азотистую и жировую части. Однако было показано, что животное во время откорма может набирать больше жира, чем содержится как таковое в пище или может быть получено из его рациона, даже если все атомы углерода и водорода в его белковой пище были задействованы для его образования. Баланс должен обеспечиваться за счет углеводов. Возможно, еще более яркой иллюстрацией конструктивных способностей является способность производить глицерин. Если собака получает в свой рацион жирные кислоты, она накапливает нормальные жиры. Глицерин, который в соединении с жирными кислотами образует жир, не содержался в его пище. Источниками жира являются крахмал и сахар. Пока нет никаких доказательств того, что жир может быть преобразован в сахар.

Химический состав азотсодержащих соединений, по-видимому, представляет собой более сложные проблемы. Растения вырабатывают белки. Ограничивается ли отношение животного к этим веществам их распадом? Неизбежно ли снижение уровня белков со ступени на ступень, пока они не достигнут уровня мочевины? Есть основания полагать, что даже при работе с азотистыми веществами метаболическая способность организма не является исключительно аналитической. Печень может вырабатывать мочевину из аммиачных солей, таких как лактат или даже карбонат аммиака, — веществ более стабильных и, следовательно, в химическом смысле более простых, чем мочевина. Это признак, хотя и слабый, того, что организм обладает конструктивной способностью, способностью производить более сложные вещества из более простых, даже в случае азотистых соединений. Говяжий чай, бараний бульон, мясные экстракты долгое время считались полезными продуктами при низкой степени усвояемости. Химики отмечают, что азотистые вещества, содержащиеся в этих отварах, находятся настолько близко к низу лестницы, что энергия, высвобождаемая при их дальнейшем окислении до мочевины, едва ли заслуживает рассмотрения. Они признают, что их доступность в готовом виде делает их полезными в качестве общеукрепляющих средств, но они отказывают им в статусе пищевых продуктов, исходя из предположения, что их дальнейшее развитие должно быть нисходящим. Как было заявлено при описании превращения пептонов в лейцин и тирозин, начинают накапливаться данные, свидетельствующие о том, что в определенных пределах, которые в настоящее время невозможно определить, система может восстанавливать свои белки из амидов и других простых продуктов их распада.

Животноводство получает и после надлежащей пищеварительной подготовки усваивает три класса пищи — азотистую, жирную и углеводную. Если какой-либо из двух последних видов недостаточен в рационе, организм может в определенной степени вырабатывать его из двух других. В чем особая ценность каждого вида пищи? Как они используются? Прежде чем попытаться ответить на эти вопросы, мы должны попытаться проследить дальнейшую историю пищевых продуктов после того, как они прошли стенку пищеварительного канала.

После выхода из желудка и кишечника продукты питания следуют двумя разными путями. Белки и углеводы по воротной вене доставляются в печень. Жиры по грудному протоку поступают в общий кровоток. Избыток жира обнаруживается в крови во всех частях тела после приема пищи, богатой жирами. Конечное назначение и судьба жирной пищи неизвестны. При определенных обстоятельствах они добавляются к жировым отложениям в соединительной

ткани; но если дополнительный жир не откладывается, они попадают в другие ткани, где окисляются до углекислоты и воды. Когда количество всасываемого является чрезмерным, в печени может накапливаться определенное количество жира. В клетках этого органа он содержится на некоторое время для того, чтобы его можно было распределить по тканям после того, как они израсходуют запасы, которые сначала поступают к ним через общий кровоток.

Белки полностью теряются из виду после того, как они всасываются в кровь. Они, конечно, принимают участие в формировании растущих тканей, кровяных телец, кожи, волос, ногтей. Также принято говорить о них как об устранении износа активных тканей, хотя очень сомнительно, можем ли мы законно говорить об износе тканей. Протоплазма, которая выполняет работу тела, не изнашивается таким же образом, как материалы, из которых сделана машина. Не возникает трения, которое приводит ее в движение. Белки, как и другие продукты питания, используются в качестве источников мышечной энергии и тепла. В конечном итоге они восстанавливаются до мочевины, углекислоты и воды. Химики, естественно, ищут вещества, промежуточные по составу между белками и мочевиной. Они предполагают, что разложение белков будет происходить регулярными этапами; сначала образуются сложные, частично окисленные азотистые соединения — например, в мышцах - для дальнейшего окисления в железах. Существование во всех органах азотистых “экстрактивных веществ”, которые могут быть выделены при химическом анализе органа, по-видимому, оправдывает поиск стадий; но до сих пор эти поиски были исключительно безуспешными. Конечным продуктом является мочевина. Она не содержится ни в мышцах, ни, по сути, ни в какой другой ткани, кроме печени, которая, как уже говорилось, способна производить ее даже из солей аммиака. Следовательно, ясно, что если белки разрушаются в мышцах и других тканях и если вся мочевина вырабатывается печенью, то предшественники мочевины должны переноситься из мышц в этот орган. Веществом, наиболее характерным для мышечного метаболизма, является молочная кислота. Не исключено, что все азотистые часть комплекса протеид молекулы уменьшается до аммиака ( $\text{NH}_3$ ), которые могут быть расценены как самая простая из всех азотистых соединений, и это, в сочетании с молочной кислотой ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ), как лактат аммония ( $\text{NH}_4\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3$ ), осуществляется посредством общей циркуляции в печень, где он превращается в мочевины. Значительное количество лактата аммиака может быть введено в вену без его выхода через почки. Все это восстанавливается до состояния мочевины, воды и углекислоты. Если печень поражена настолько, что перестает функционировать, или если оперативными мерами она выведена из строя, соли аммиака выводятся почками вместо мочевины. У птиц и рептилий мочевиная кислота заменяет мочевины. При анализе их печени выделяется мочевиная кислота. Если им ввести в кровь лактат аммиака, он превращается в мочевиную кислоту, при условии, что печень не повреждена.

Мы ничего не знаем о формах, которые принимают белки, всасывающиеся в кровь, об органах, в которых они накапливаются, или о высших звеньях ряда веществ, через которые они проходят, прежде чем окончательно выводятся в виде мочевины, воды и углекислоты. В лимфе или крови не обнаружено азотистых соединений, которые можно с уверенностью отнести к продуктам износа тканей. При рассмотрении источников мышечной энергии нам будет что сказать о той роли, которую белки играют в экономике.

Если после усвоения жиров и белков возникают большие трудности, то совсем иначе обстоит дело с сахаром. Углеводы - отличные источники энергии. Мышечная работа может быть вызвана окислением любого из трех классов продуктов питания, но, несомненно, углевод гликоген



является ее наиболее постоянным источником. Таким образом, создаются условия для накопления гликогена в печени и регулярного распределения его в мышцах. После еды портальная кровь на пути из кишечника в печень содержит более высокий процент сахара, чем кровь в печеночной вене или в любом другом сосуде. Если исследовать срезы печени после кормления и сравнить с срезами, полученными после периода голодания, то обнаруживается, что клетки хорошо накормленной печени содержат блестящие массы вещества, которое от воздействия йода приобретает цвет портвейна. Это гликоген, или животный крахмал. Он имеет ту же эмпирическую формулу, что и крахмал ( $C_6H_{10}O_5$ )<sup>2</sup>. В сухом состоянии это сероватый порошок, который, в отличие от крахмала, в холодной воде образует опалесцирующий раствор. Как и крахмал, он не диффундирует. В животном мире он находится к сахару в том же отношении, что и крахмал к сахару в растениях. Если овцу зарезать во время кормления в загоне, а ее печень извлечь и взвесить, то окажется, что она от трети до половины тяжелее печени овцы того же веса, полученной от мясника; ибо у мясников есть глупая практика морить животных голодом, прежде чем убить их. Давным-давно было обнаружено, что нет необходимости кормить животное в течение дня или двух перед его забоем, и этот вариант был возведен в ранг запрета. Сложилась традиция, согласно которой нежелательно давать пищу в течение некоторого времени перед тем, как убить. Печень овцы, убитой во время активного пищеварения, не только окажется тяжелее, чем печень голодающей овцы, но и окажется более сочной, поскольку она богата сахаром (в который быстро превращается гликоген после смерти), а также белками и жирами, которые выводятся из нее, когда животное голодает. По-видимому, печень не может усвоить весь сахар, который усваивается после полноценного приема пищи. Часть его попадает в общий кровоток и накапливается в мышцах; но печень всегда сохраняет значительный запас. Даже после длительного лишения пищи в нем сохраняется определенное количество, особенно у плотоядных. Гликоген обнаруживается в печени собаки после длительного периода голодания. Мышцы теряют во время активности гликоген, который они содержат в состоянии покоя.

Уже указывалось, что организм не полностью зависит от внешних факторов в производстве необходимого ему сахара. Когда запасов недостаточно, он сам вырабатывает гликоген из других компонентов рациона. Действительно, он может производить его за счет собственных белков. Если собаку, которую заставляли выполнять мышечную работу без достаточного количества углеводной пищи, до тех пор, пока (судя по контрольному эксперименту) весь гликоген не исчезнет из ее печени, подвергнуть воздействию наркотического препарата, который останавливает активность ее мышц, гликоген появится снова.

**Диетология.**—Даже те, кто совершенно несведущ в науке физиологии, льстят себя надеждой, что у них есть одна информация: “Все тело обновляется раз в семь лет”. Я не могу проследить происхождение этой разумной апофегмы, которая из поколения в поколение передавалась из поколения в поколение. Если бы семь недель или семьдесят лет были периодом, отведенным для обновления тканей, утверждение было бы столь же близко к истине. Судя по скорости, с которой они разрушаются, маловероятно, что кровяные тельца живут более пяти-шести недель. Волосы выпадают примерно через два года после того, как они впервые появляются на поверхности. По достижении этого возраста волос выпадает, и его место занимает новый. Поверхностные клетки кожи ежедневно сбрасываются в большом количестве, и их место занимают более молодые клетки, которые поднимаются из более глубоких слоев. Клетки многих желез, по-видимому, имеют сравнительно короткий срок жизни. С другой стороны, некоторые тканевые элементы гораздо более постоянны. К тому времени, когда ребенку исполняется год,

все его нервные клетки находятся на своих местах. Они сохраняются до тех пор, пока человек живет. Когда утверждение относительно обновления тканей понимается как означающее не то, что клетки разрушаются и заменяются новыми, а то, что в течение семи лет все молекулы, попадающие в их протоплазму, вытесняются из организма и заменяются молекулами, получаемыми с пищей, утверждение граничит с трансцендентным. Маловероятно, что мы когда-либо получим данные, по которым это можно будет проверить.

Существенной частью каждой живой клетки является ее губчатая структура протоплазма. "Биоплазма", возможно, более подходящий термин для использования, когда мы говорим о протоплазме как структуре, поскольку он не предполагает каких-либо предубеждений относительно ее химического состава. Внутри ячеек биоплазмы находятся еще неиспользованные питательные материалы и продукты переработки на различных стадиях. Всегда считалось само собой разумеющимся, что при рассмотрении вопроса о питании мы должны учитывать восстановление биоплазмы, а также предоставление сырья, которое она может преобразовать в специфические продукты клетки. Предположим, что клетка принадлежит к классу поддерживающих тканей; пусть это будет, например, клетка хряща. Биоплазма вырабатывает коллагеновое вещество, которое остается внутри и вокруг ее структуры. Если это эпидермальная клетка, она образует ороговевшее вещество. Если секретирующая клетка, она накапливает секретируемые продукты. Мышечная клетка вырабатывает большое количество материала, который за счет изменения формы производит движение. В этом последнем случае мы предполагаем, что энергия, высвобождаемая в виде мышечной силы, происходит за счет окисления. Более стабильные тела заменяют менее стабильную субстанцию. После сокращения относительно сложный сократительный материал обновляется за счет пищи, запасенной в мышечной клетке; или, если он не разрушен в обычном смысле этого слова, если он просто разделился с определенными окисляемыми компонентами, он получает свежий запас таких компонентов из пищи, содержащейся в мышечной клетке. Даже в случае с хрящом или эпидермисом мы предполагаем, что, поскольку матрикс "живой", он всегда претерпевает молекулярные изменения и, следовательно, всегда нуждается в пище. Тот факт, что любая ткань, какой бы инертной она ни была, отмирает, когда из-за блокирования кровеносных сосудов, орошающих эту часть, прекращается поступление в нее питательных веществ, подтверждает эту веру в то, что все живые ткани претерпевают изменения.

Когда мы составляем баланс организма в целом, относя к дебету получаемую им пищу, а к его кредиту работу, выполняемую при внешнем движении и выработке тепла, мы снова находим основания полагать, что каждая часть каждой клетки постоянно претерпевает изменения.

Балансовый отчет органа может быть составлен любым из двух способов. Мы можем оценить количество азота, углерода, водорода и кислорода, поступающих в организм с различными продуктами питания, и сравнить их с количеством каждого из этих четырех элементов, выделяющихся с мочевиной, углекислотой и водой, делая, конечно, пометку о балансе организма в руках в начале и в конце периода наблюдения. Или же мы можем оценить количество потенциальной энергии, содержащейся в пище, и установить, на что тратится эта энергия при выполнении внешней работы, поддержании температуры тела и согревании дыхания и других выделений.

Если мы составляем бухгалтерский баланс полностью взрослого человека, мы можем считать само собой разумеющимся, что он не производит свежую ткань. В течение периода, на протяжении которого он находится под наблюдением, принимаются меры к тому, чтобы избежать изменения условий его жизни таким образом, чтобы это привело к развитию дополнительных мышц. Если он набирает вес во время наблюдения, он толстеет. Если он теряет в весе, он жертвует жиром.

Весь поступивший азот покидает организм в виде мочевины, если только, как мы уже говорили, не происходит роста тканей. Организм не испытывает такого же соблазна накапливать азот, как углерод. Следовательно, он очень чувствителен к любому дефициту азота в рационе. Если пища не содержит столько белка, сколько необходимо, дефицит восполняется за счет тканей. Из этого не обязательно следует, что при таких обстоятельствах человек теряет в весе. Возможно, он набирает вес, хотя и теряет в силе из-за растраты мышечной массы. Для того чтобы наблюдения за доходами и расходами организма имели какую-либо ценность, должно быть установлено условие “азотистого равновесия”. Поступающий азот должен равняться по количеству выделяемому азоту.

Очень точное определение доходов и расходов можно произвести, поместив животное или даже человека в коробку, через которую пропускается воздух. Регистрируется объем воздуха, прошедшего через камеру. Процентное содержание водяных паров и углекислоты, содержащихся в воздухе, оценивается до его поступления и после выхода. Также измеряется потребление твердой пищи и количество выделяемой мочевины.

Если необходимо измерить количество выделяемого тепла, животное можно поместить в калориметр.

Даже в наиболее пассивном состоянии исследуемый объект, будь то животное или человек, расходует энергию на поддержание тепла тела, на дыхательные движения и смену положения. Если требуется установить связь окисления с внешней работой, то легко разработать форму сопротивления, такую как вращение колеса или подъем груза, которую можно измерить.

При тестировании диет достаточно убедиться, что азотистый баланс поддерживается, а затем оценить прибавку или потерю веса и расход энергии при внешней работе.

**Относительная ценность пищевых продуктов.**—Сухие белки содержат около 15%. азот - 54%. углерод - 7%. водород - 22%. кислород, немного серы и часто немного фосфора. Значительная доля углерода и водорода в них доступна для сгорания. Жиры содержат 75%. состоит из углерода и значительного количества водорода, доступного для сгорания; углеводы составляют 40%. углерод с водородом и кислородом в тех пропорциях, в которых они содержатся в воде. Если 1 грамм белка окисляется до состояния мочевины, углекислоты и воды, выделяется достаточно тепла, чтобы повысить температуру 4100 граммов воды на 1 градус по Цельсию. Таким образом, его теплотворная способность выражается в 4100 калориях, а единица измерения — калория - представляет собой количество тепла, необходимое для повышения температуры 1 грамма воды на 1 °. Калорийность 1 грамма жира составляет 9300 калорий; 1 грамм крахмала - 4100 калорий. Таким образом, энергетический потенциал белка и крахмала одинаков; энергетический потенциал жира более чем в два раза выше, чем в любом из других продуктов.

**Нормальная диета.**—Азотистый баланс и массу тела можно поддерживать и работать с диетами, которые сильно различаются по процентному составу. Это вопрос, который мы рассмотрим более подробно позже. Тем временем, для иллюстрации, необходимо составить диету, которая достаточно репрезентативно отражает выбор продуктов, приготовленных человеком среднего веса — скажем, 70 килограммов (145 фунтов), — который желает выполнять умеренную дневную работу с комфортом. Было обнаружено, что в нем содержится около 100 граммов белка, 100 граммов жира, 240 граммов углеводов, и все это в сухом виде и в чистом виде. Если несколько элементов такого рациона умножить на цифры, представляющие их калорийность, то окажется, что человек получает 2 324 000 калорий. Иллюстрация, которую мы выбрали, - это диета человека-профессионала, который не занимается тяжелой физической работой. Чистых продуктов будет столько, сколько указано в 17 унциях постного мяса, 4 унциях сливочного масла и 17 унциях хлеба. Дневной рацион питания, конечно, был бы гораздо разнообразнее этого, но проще выразить это в таких терминах.

Такая диета вряд ли отвечала бы требованиям человека, выполняющего тяжелую мышечную работу. Опыт показывает, что он ожидал бы получить более щедрый запас энергии, и что для ее получения ему пришлось бы немного увеличить свою норму белков и очень значительно увеличить количество потребляемых углеводов. Рацион европейских рабочих удивительно постоянен в относительном количестве нескольких составляющих, независимо от их национальности или конкретного вида их работы: белки - около 135 граммов; жиры - 80 граммов; углеводы — от 500 до 700 граммов, что дает запас энергии, равный 3500-4000 килокалорий.

Говоря в целом, углеводы являются источником мышечной силы, а жиры - тепла. В странах с теплым климатом мужчины работают на углеводах. Говорят, что японские рикши в рабочие дни едят только рис, а рыбу приберегают для дней отдыха. Японцы, как хорошо известно, потребляют крайне мало жира. Эскимосы и другие жители высоких широт употребляют в пищу огромное количество жиров. Белки составляют основной элемент рациона. Они не только более привлекательны для большинства гурманов и, следовательно, их предпочитают люди, чей рацион питания строго не регламентируется ценой, но и организм предпочитает их. Он работает с большей готовностью, когда получает больше белка, чем ему необходимо в строго физиологическом смысле.

Поставка продуктов питания должна превышать внутренний спрос. Наиболее эффективными из двигателей не может преобразовать более чем на 15 процентов. энергетический потенциал в своей топлива в работу. Если человек пытается добиться от своей мышечной системы лучшего результата, чем этот, если он пытается заставить свою машину выполнять более 15 единиц работы на каждые 100 единиц энергии, которыми он ее снабжает, он делает это за счет своих собственных тканей. Сначала он теряет в весе из-за потребления жира; затем избыток выделяемого азота по сравнению с потребляемым показывает, что он сжигает белки своих собственных тканей. Излишне добавлять, что возникающая в результате слабость останавливает чрезмерную работу. Мышцы, как мы обнаружим, когда рассмотрим соотношение между производительностью их работы и подводимой к ним энергией, могут давать гораздо лучший результат, чем лучшие из двигателей; но мы говорим о теле в целом, которое тратит энергию впустую на дыхательные движения, пережевывание пищи, смену положения, поддержание температуры тела и т.д.

Здоровье можно поддерживать и работать, придерживаясь диеты, которая значительно отличается от той, которую мы выбрали в качестве стандарта. Дарвин обнаружил, что гаучо Южной Америки питаются исключительно мясом. Нансен и Йоханнсен, отправляясь на поиски Северного полюса, месяцами питались мясом и жиром. Миллионы жителей Индии воздерживаются от мяса и мясожировой продукции, их рацион состоит из риса, пахты и небольшого количества фруктов. Для всех людей, для которых цена на продукты питания является важным фактором, углеводы предпочтительнее белков и жиров. Овсянка намного дешевле на единицу энергии, чем мясо. Человек может быть мясоедом или вегетарианцем, хотя он, вероятно, поступает неразумно, упуская из виду очевидные особенности своих зубов и органов пищеварения, которые присущи всеядному животному. Его доисторические предки-люди жили в основном за счет урожая своих копий и томагавков. Если мы настаиваем на том, чтобы оглянуться назад еще дальше, мы увидим разделение расы на древесных плодоедов, которые все еще сохраняют дочеловеческие черты, и более предприимчивых и энергичных охотников-троглодитов, от которых произошла человеческая раса.

Мужчина может варьировать свой рацион питания в широких пределах. Бесчисленные соображения приводят некоторых людей к желанию отойти от диеты, которую мы назвали “нормальной” — *то есть*, типичной для жителей умеренной зоны. Один человек восстает против дороговизны жизни; он был бы рад уменьшить количество и стоимость продуктов питания. Другой, вынужденный пересекать регионы, в которых не хватает продовольствия, желает найти самую легкую и, следовательно, наиболее переносимую комбинацию его основных элементов. Третий — и он принадлежит к гораздо большему классу — страдающий несварением желудка или измученный подагрой, спрашивает: “Почему я должен употреблять продукты, которые вызывают проблемы с желудком или вызывают неприятные и выводящие из строя последствия?” Многие обстоятельства побуждают к экспериментам с питанием. Несомненно, допускается большая свобода действий. Но существуют пределы, в пределах которых только и можно поддерживать здоровье и выполнять работу. Очень интересно точно установить, насколько широки эти пределы; и особенно важно выяснить нижний предел, минимум пищи и минимум каждого конкретного вида пищи, который позволит человеческой машине работать. Связанные с этим проблемы несколько сложны. Если бы можно было прожить на одном продукте питания, установить неснижаемый минимум было бы так же легко, как выяснить, с каким количеством угля или бензина двигатель можно заставить вращать колесо. Но для поддержания организма необходимы несколько различных видов пищи. Следовательно, необходимо определить не только минимальное количество комбинированных пищевых продуктов, но также минимальное количество каждого вида пищевых продуктов и влияние на общую сумму изменений относительного количества каждого из нескольких его факторов. Проблема сложная, но определенные пределы определены жестко. Во-первых, что касается общего объема, то работа, которую выполняет организм, ни при каких обстоятельствах не может быть снижена ниже определенного уровня. Потребляемая пища должна обеспечивать запас энергии, равный, по крайней мере, выполнению минимальной работы. Организм должен каждый день получать пищу надлежащей калорийности. Затем что касается количества каждого из нескольких компонентов. Многие соображения приводят нас к желанию увеличить один из них или уменьшить другой. Некоторые продукты дешевы, а другие дороги. Экономические причины говорят в пользу более дешевой еды. Даже этические соображения не лишены веса. Возможно, у нас есть предубеждение против того, чтобы жертвовать жизнью ради пропитания. У нас есть сомнения относительно того, может ли наш организм должным образом

переваривать, усваивать и выводить из организма мясо. Нам нужен однозначный ответ на вопрос, в какой степени продукты, содержащие азот, могут быть заменены продуктами, содержащими углерод, и *наоборот*? Клетка, как уже было сказано, состоит из каркаса из биоплазмы, купающейся в клеточном соке, который содержит питательные вещества и произведенные продукты. Биоплазма живая; белки, углеводы и жиры клеточного сока - это материалы, которыми она питается и с которыми она работает. Некоторые физиологи склоняются к точке зрения, что неживые вещества должны попасть в биоплазму, прежде чем они подвергнутся метаболизму. Они считают, что молекулы неживого вещества должны в момент химического изменения физически и химически быть частью живого вещества. Другие придерживаются противоположной точки зрения: живая субстанция не претерпевает изменений, но вызывает изменения в неживой субстанции, которая находится в контакте с ней, заключена в ее сетках. Это проблема, которая вряд ли будет решена, и ее решение не имеет большого значения в связи с обсуждаемым нами вопросом. Какая бы из двух точек зрения ни была оправдана, мы должны проводить различие между биоплазмой клетки — машины - и ее сырьем и произведенными продуктами. Вопрос, на который мы хотим получить ответ, заключается в следующем: должна ли биоплазма претерпевать изменения? По-видимому, в природе вещей нет причин, по которым это должно происходить. Как мы уже указывали, он не подвержен износу. Совершенная машина при отсутствии трения, которое стирает сталь и латунь, продолжала бы выпускать свою продукцию до тех пор, пока она снабжалась сырьем и энергией, необходимыми для ее производства. Мы могли бы представить себе биоплазму неразрушимой, получающей энергию из части пищевых продуктов и расходующей эту энергию на производство химических изменений в остальной части. Мы могли бы представить, что, когда ткани достигнут своего полного роста, им больше не потребуется белок для собственного питания; они будут заняты производством тепла и движения из неазотистой пищи. Но наблюдения ясно показывают, что это не так. Сила, которая заряжает энергией биоплазму, позволяя ей вызывать метаболизм в неживом веществе, достигается ценой ее собственного разрушения. Биоплазма распадается, если ее постоянно не снабжать белковой пищей.

При обычных обстоятельствах количество выделяемой мочевины напрямую зависит от количества азота, содержащегося в пище. Поскольку мочевина содержит 45% азота и белка 15%. Каждый выделяемый грамм мочевины соответствует 3 граммам потребляемого сухого белка; или, в пересчете на азот, каждый выделяемый грамм азота соответствует  $6 \cdot 25$  граммам потребляемого белка. Если отказаться от всей пищи, выделение азота падает, но оно никогда не достигает нуля. Было сделано много наблюдений за голодающими мужчинами. На второй день голодания количество выделяемого азота падает примерно до 13 граммов, что соответствует 80 граммам израсходованного белка. Обычно считается, что ко второму дню все “плавающие белки” истощаются и, следовательно, азотистый метаболизм сводится, так сказать, к бизнес-принципу. Пока запас пищи в изобилии, у организма есть роскошная привычка употреблять белки, отдавая предпочтение не содержащей азота пище. Но после дневного голодания больше не происходит никакого необычного обмена веществ, никакого потребления белков в качестве топлива, когда более дешевые жиры и сахар были бы столь же хороши. В случае с Сукки, который голодал в течение тридцати дней, выделяемый азот снизился до  $6 \cdot 7$  граммов на десятый день, до  $4 \cdot 3$  граммов на двадцатый и до  $3 \cdot 2$  граммов в последний день. Очевидно, что при прекращении приема всей пищи мы должны проводить различие между окислением белка, который, за неимением всех других веществ, выводится из тканей с целью обеспечения силы, абсолютно необходимой для поддержания дыхания и других неизбежных движений, а также

для поддержания температуры тела, — силы, которая при других обстоятельствах могла бы обеспечиваться неазотистой пищей, - и окислением, которому неизбежно подвергается биоплазма, пока она жива. Окисление биоплазмы при обычных обстоятельствах, конечно, придает силу; но из этого не следует, что этого достаточно для поддержания дыхательных движений и сокращения сердца. Когда травоядное животное морили голодом, оно нередко выделяет больше мочевины в начале периода голодания, чем оно выделяло при хорошем питании. Его деятельность не прекратилась, когда была прекращена углеводная пища. Какое-то время они поддерживались за счет его собственных тканей. С другой стороны, результаты, полученные в результате наблюдения за человеком, который обходился без пищи в течение тридцати дней, показывают, что Природа способна экономить силы, снижая метаболизм живого вещества ниже нормы. Можно было бы предположить, что неснижаемый метаболизм можно было бы установить, давая животному, испытывающему недостаток азота, не содержащую азота пищу, но было обнаружено, что это практически не влияет на отходы жизнедеятельности тканей. Становясь более активными, ткани, хотя и избавлены от необходимости поставлять топливо для производства тепла и движения, страдают от большего количества отходов. Опять же, можно было бы ожидать, что если животному, которое морили голодом в течение нескольких дней, пока уровень мочевины в нем не снизился до предела истощения, давать ровно столько белка, чтобы обеспечить это количество, ткани были бы спасены. Напротив, обнаружено, что мочевины выделяется почти в два раза больше, чем раньше. Если количество белка постоянно увеличивать, равновесие наконец устанавливается, но не раньше, чем количество азота в принимаемом белке станет в два с половиной раза больше, чем количество, выделяемое во время периода голодания. Одновременное добавление пищи приводит к образованию дополнительных отходов. Ткани, которые в период дефицита снизили свое окисление до минимума, становятся более активными при первом намеке на возвращение изобилия.

Этот последний эксперимент иллюстрирует общую закономерность. Увеличение количества белковой пищи в определенных пределах повышает метаболическую активность тканей - провоцирует их на расточительность. Добавляя белок в смешанную диету, которого достаточно для поддержания массы тела и азотистого равновесия, можно вызвать дефицит азота и снизить массу тела. Или, если организм набирает вес из-за накопления жира, замена белка на углевод (веса на вес, поскольку их калорийность одинакова) приведет к его снижению. Трудно избежать использования вычурных формулировок при описании этих результатов. Животноводство подобно чрезмерно заботливой хозяйке, которая, когда мяса не хватает, также бережливой рукой раздает кашу. Когда мяса много, она расточительна по отношению ко всем продуктам питания. Белок - самый дорогой из продуктов. Любой признак его нехватки приводит к прекращению активности. С другой стороны, никакая другая пища не усваивается так легко (если только органы пищеварения не страдают от недостатка белка); ни одна пища так быстро не включается в биоплазму; ни одна пища так легко не разлагается. При подаче протеина механизм гудит. Неутолимый аппетит к говядине и яйцам, который овладевает человеком, ведущим сидячий образ жизни, после долгого утра, проведенного в лодке или на велосипеде, не указывает на то, что его мышечная ткань страдает от износа. Это не доказывает, что он высвобождает энергию, окисляя белковую пищу. Это показывает, что он просит определенные ткани, привыкшие к спокойной жизни, проявлять невероятную энергию. Они не избавятся от своей обычной лени, пока он не подтолкнет их к роскошной еде. В конце недели он обнаруживает, что белки - не лучшее топливо для стабильной работы. Если он потребляет

достаточно энергии, чтобы обеспечить работу всех своих мышц, ему мешает количество азотистых остатков, которые должны быть преобразованы в мочевины и выведены почками. Он возвращается примерно к своему старому режиму, что касается белков, и потребляет больше углеводов для обеспечения силы, которой требует его возросшая мышечная активность.

Можно питаться только мясом, но его количество требуется очень большое, что требует чрезмерной нагрузки для органов пищеварения, печени и почек. С другой стороны, можно свести потребление белков к минимуму, заменив их жирами и углеводами. Но, опять же, после нарушения надлежащего баланса замена перестает быть простой арифметической задачей. Количество углеводной пищи должно быть увеличено пропорционально количеству белка, который она заменяет. Если собака, которую кормят естественной для нее пищей — в основном мясом, — находится в состоянии азотистого равновесия, часть мяса можно заменить углеводами. Но с самого начала было обнаружено, что для того, чтобы не нарушалось азотистое равновесие (если собаку не заставлять потреблять собственные ткани), необходимо давать вес углеводов, значительно превышающий вес изъятых белков. Диспропорция увеличивается по мере продолжения эксперимента, пока, возможно, не придется заменять каждый грамм белка 12-15 граммами углеводов. Количество белковой пищи в настоящее время сократилось до 1,5 грамма на килограмм веса животного. Из-за увеличения содержания углеводов калорийность всего корма, азотистого и неазотистого, в несколько раз превышает потребность животного. Излишки окисляются без какого-либо эквивалента в работе. Примерно на этом этапе эксперимент заканчивается из-за неспособности органов пищеварения справиться с такой большой массой пищи.

В этой связи представляет интерес ценность желатина как диетического продукта. Желатин, строго говоря, не является белком и не может накапливаться в тканях. Он не предотвращает и даже не откладывает голодание. Тем не менее, до определенного момента его можно использовать как заменитель белковой пищи. В только что упомянутом наблюдении белок может быть выведен на любой стадии, без нарушения азотистого равновесия, путем замены примерно 2 граммами желатина на каждый грамм выведенного белка. Это экономит белок, хотя и не заменяет его. Говорят, что минимум белка, необходимый для поддержания азотистого равновесия, может быть уменьшен примерно до половины за счет замены желатина. Это было истолковано как указание на то, что, когда мы уменьшили окисление азотистого вещества до наименьшего количества, азот поступает из двух источников примерно в равных пропорциях — (а) биоплазма; (б) контактирующие с ней пищевые белки. Предполагается, что желатин, хотя он и не может быть преобразован в биоплазму, может заменить белки, присутствующие в клеточном соке. По-видимому, невозможно уморить клетку голодом до тех пор, пока она не будет состоять из каркаса биоплазмы, залитого клеточным соком, не содержащим азота. Поскольку неживые белки клеточного сока удаляются, они, если не давать азотистой пищи, обновляются за счет расщепления биоплазмы. Когда желатин всасывается, он занимает свое место в клеточном соке, и расщепление биоплазмы больше не требуется. Когда пищеварение нарушено или жизненная сила снижена, мясные отходы, содержащие экстрактивные вещества низкой калорийности, бесполезные, без синтеза (ср. с. 144), для восстановления тканей, могут в определенной степени экономить тканевые отходы. Точно так же желатин, который очень быстро переваривается в желудке, может покрыть потребление белков, хотя и не может заменить их.



Подводя итог: необходимый ежедневный запас энергии должен поступать как с азотистой, так и безазотистой пищей. Невозможно снизить азотистый фактор ниже определенного минимума. Начиная с этого минимума и выше, до достижения определенного уровня, каждая дополнительная единица азотистой пищи позволяет системе обходиться без большего количества безазотистой пищи, чем ее эквивалент. Когда достигается надлежащий баланс пищевых продуктов, не теряется ни труд, связанный с пищеварением, ни труд, связанный с метаболизмом и выделением.

**Печень.**—Печень весит от 3 до 3 с половиной фунтов. Она расположена под диафрагмой, больше с правой стороны, чем с левой. Её задняя граница, которая упирается в последние три ребра (отделенные от них диафрагмой), имеет толщину около 3 дюймов. Её передняя граница тонкая и плотно прилегает к линии ребер. Если орган не увеличен чрезмерно и не выдавлен со своего места из-за использования тугого корсета, он не выступает ниже ребер, за исключением того места, где он пересекает пространство между реберными хрящами ниже конца грудной кости.

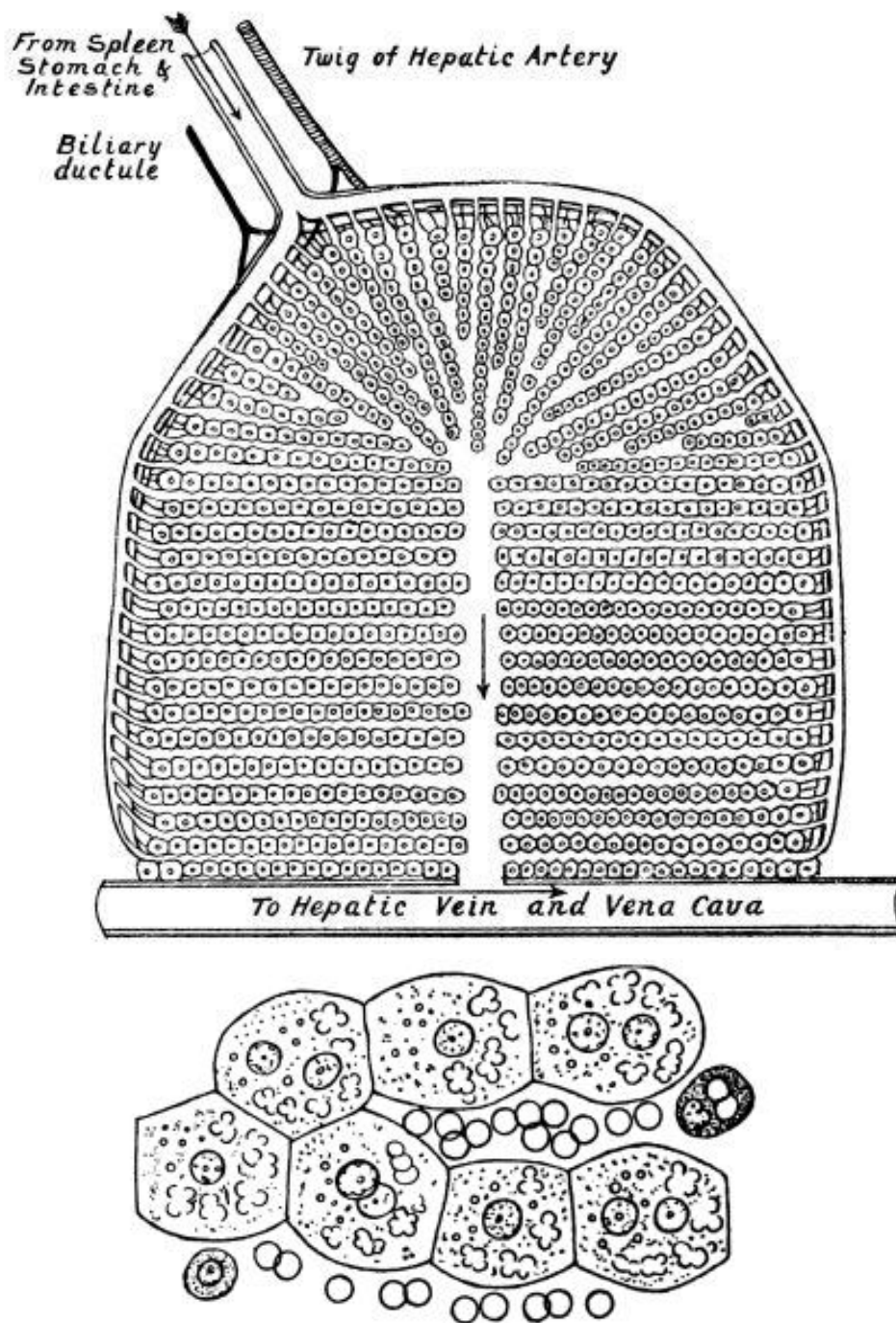


Рис. 7. Схема доли печени, разделенной вертикально по своей Оси.

В его центре находится пространство, внутривенная вена, через которую кровь попадает в ответвление печеночной вены на пути к сердцу. Междольковая ветвь воротной вены, которая доставляет кровь из органов пищеварения, разливает ее по множеству мелких сосудов по поверхности дольки. Он проникает в дольку через бесчисленные псевдокапиллярные сосуды, или промежутки, между расходящимися столбиками клеток печени. Артериальная кровь поступает в дольку по ответвлению печеночной артерии. Желчь выводится из нее притоком из печеночного протока. В нижней части диаграммы показаны семь клеток печени, образующих разделенный столбец, увеличенный примерно на 300 диаметров. Клетки насыщены гликогеном

и содержат мельчайшие шарики жира. Между столбцами клеток печени видны красные кровяные тельца и два лейкоцита. Один из лейкоцитов проглотил два кровяных тельца.

Печень снабжается кровью по печеночной артерии. Этот сосуд мал для такого большого органа. Хотя он и отвечает за питание печени, он не доставляет ей те вещества, которые хранятся в ее клетках. Гораздо больший запас крови поступает из воротной вены, которая распадается на капилляры, или, говоря точнее, на синусы, или псевдокапилляры, в печени. Кровь, независимо от того, доставляется ли она к органу по печеночной артерии или по воротной вене, отводится печеночными венами. План строения печени лучше всего понять, если рассматривать его применительно к печеночным венам. Если проследить их в обратном направлении, то обнаруживается, что они распадаются на довольно прямые сосуды, каждый из которых имеет большое количество боковых ответвлений. Каждая из боковых ветвей находится в центре массы клеток, которые расположены вокруг нее расходящимися столбиками. Эти образования, имеющие диаметр от 1 до 2 миллиметров, называются “дольками”. При взаимном давлении дольки сжимаются до пятиугольной или шестиугольной формы. Вена в центре дольки - это внутридольковая вена. Обратимся теперь к воротной вене; видно, что она распадается на ветви, которые проходят между долями и поэтому называются “междольковыми венами”. Ветви печеночной артерии также проходят между долями, как и корешки желчных протоков. Каждая долька представляет собой печень в миниатюре. Кровь из воротной вены, поступившая из селезенки, в которой разрушаются красные кровяные тельца, и из желудка и кишечника, из которых она впитала продукты пищеварения, разливается по поверхности дольки для фильтрации в ее центральную внутридольковую вену. При своем прохождении из междольковых вен (и ветвей печеночной артерии) во внутридольковую вену кровь ограничивается расходящимися капиллярными каналами; но поскольку они просто предотвращают утечку красных кровяных телец, не налагая никаких ограничений на экссудацию плазмы крови, порталная кровь практически фильтруется через столбики клеток печени. Основное вещество клеток печени мягкое, лишенное оболочки и способное, будучи свободным от нее на (нагретой) подложке микроскопа, изменять форму, отчасти наподобие формы лейкоцита. Такие клетки обладают огромной способностью усваивать продукты пищеварения. Возможно, они усваивают и запасают жиры и белки, но, несомненно, их основная задача - усваивать сахар, который накапливается в их веществе в виде гликогена. Гликоген поступает в печеночную кровь по мере необходимости. Пигмент, образующийся в результате распада красных кровяных телец в селезенке, секретируется вместе с солями желчи в мельчайшие каналы, или канальчики, которые бороздят плоские поверхности соседних клеток печени. Эти канальцы сходятся к желчным протокам. Таким образом, печень является одновременно хранилищем сахара, который она забирает из крови, когда его в избытке, и выводит в кровь, когда его не хватает, и органом выделения, который устраняет отходы гемоглобина. Железо, получаемое из гемоглобина, накапливается в нем и возвращается в кровь.

Уже упоминалась другая функция печени. Это орган, и, насколько нам известно, единственный орган, в котором у млекопитающих вырабатывается мочевины, а у птиц - мочевины кислота. Если вырезать печень только что убитого животного и пропустить через нее струю крови, то кровь, выходящая из органа, содержит мочевины. Если в кровь добавить соль аммиака, даже карбонатную, она преобразуется печенью в мочевины. Когда печень птицы становится объектом того же эксперимента, вместо мочевины появляется мочевины кислота. Печень может преобразовывать многие азотистые вещества в мочевины, но представляется вероятным, что в

норме соль, с которой ей приходится иметь дело в основном, представляет собой лактат аммиака (*ср. с. 146*).

Необходимо добавить несколько слов относительно функций печени во время внутриутробной жизни, какими бы неясными ни были эти функции. Печень развивается очень рано и достигает относительно огромных размеров. На третьем месяце он весит столько же, сколько все остальное тело (*ср. с. 34*). Однако следует предположить, что ему не приходится выполнять большую часть работы, которая выпадает на его долю в послеродовой жизни. Пища поступает к эмбриону постоянным потоком, а не в результате прерывистых приемов пищи. Эмбриону нет необходимости запасать гликоген; при анализе также установлено, что его печень не вырабатывает большого количества этого вещества. У эмбриона гликоген широко распределен по тканям, а не накапливается специально в печени. В пищеварительном тракте не происходит переваривания. Желчь не нужна для содействия гидролизу и всасыванию жиров. Выводится небольшое количество холестерина и меньше лецитина, но для облегчения этого процесса требуется не так много желчи.

Процесс, который в различных ситуациях протекает у эмбриона с большой скоростью, - это образование красных кровяных телец. В этом участвует печень. Но ее обязанности в отношении кроветворения недостаточно обременительны, чтобы учитывать ее размер. Образование кровяных телец в печени с трудом наблюдается на микроскопических срезах. Поэтому невозможно с уверенностью говорить о том, в какой степени это происходит, но можно с уверенностью утверждать, что эта функция сама по себе не может служить причиной большого размера органа в эмбриональной жизни. Какую еще должность он занимает в данный период - это вопрос, который все еще ждет ответа.

В истории медицины нет более любопытной главы, чем рассказ о взглядах, которых придерживались в различные периоды относительно функций печени. Из простой массы "паренхимы", служащей упаковкой для внутренних органов брюшной полости, она была возведена в ранг Великого Очистителя "жидкостей" организма. Затем его чрезмерная активность стала причиной той формы диспепсии, которая известна как "желчнокаменность". Еще позже недостаток активности стал его главным пороком. "Вялая" печень считалась ответственной за умственную извращенность и моральную тупость. Каломель, подофиллин и другие лекарства использовались как взбиватели, чтобы размешать его; а повышенное выделение из пищеварительного канала ошибочно принимали за желчь. Бедный больной орган! Это кладовая организма, в которой хранятся дневные запасы и из которой они раздаются без спешки и задержек. И из нее вырабатывается мочевины. Что еще он делает, нам еще предстоит выяснить; и не исключено, что, когда физиологи полностью освободятся от объяснений, основанных на догадках, которые предлагали их предшественники, они могут обнаружить, что у него есть другие функции, которые не очевидны, но имеют большое значение.

---

## ГЛАВА VII

### ДЫХАНИЕ

Жизнь означает изменение. Мы не можем представить ее продолжение без высвобождения энергии. Остановка молекулярной активности означает смерть. Ее возрождение невозможно. Остановившиеся часы можно завести встряхиванием. При прекращении молекулярной активности живое существо становится неодушевленным. Мертвое, оно подвержено дальнейшим химическим изменениям. В него проникают бактерии. Они разлагают его сложные нестабильные соединения на простые, стабильные, так называемые “неорганические группы”; но упорядоченная комбинация с кислородом, которая составляет жизнь, никогда не может возобновиться. Гниение может быть предотвращено путем исключения микробов. Неодушевленная масса органического материала может остаться неизменной. Ее возвращение к жизни было бы чудом. Время от времени находят лягушку, заключенную в старый красный песчаник или какую-нибудь другую породу, которая на протяжении бесчисленных веков находилась под поверхностью. Расщелина, через которую лягушка проникла за несколько часов или дней до того, как ее обнаружили, упускается из виду. Предполагается, что она жила “в состоянии анабиоза” миллионы лет. Тот факт, что среди окаменелостей старого красного песчаника не обнаружено лягушек, является возражением слишком казуистичным, чтобы принимать его всерьез. Требование физиолога узнать, что стало с горами твердой углекислоты, воды и мочевины, которые лягушка, должно быть, произвела за невообразимый срок своего заключения, рассматривается как естественное выражение его предубеждения — что жизнь не может продолжаться без молекулярных изменений. И он вынужден признать свою неспособность доказать, что этого не может быть. Тем не менее, его опыт, свидетельствующий о том, что всякий раз, когда и как бы он ни пытался экспериментальными методами остановить изменение, он теряет способность вызвать его возобновление, оправдывает его убежденность в том, что жизнь - это изменение. Даже живое семя, по его мнению, является организмом, сложные составляющие которого медленно — сколь угодно медленно - высвобождают энергию, устанавливая ступени, ведущие к стабильности и окончательному, неодушевленному покою; и единственным источником этой энергии является соединение с кислородом. В случае с семенами кислород не обязательно должен поступать извне. Семена сохраняют способность к прорастанию после длительного пребывания в азоте или других нейтральных газах. Но все время происходят какие-то изменения, какое-то внутреннее окисление, которое превращает их менее стабильные соединения в более стабильные. Иначе они не были бы живыми. Физиолог готов поверить, что это может продолжаться десять, пятнадцать лет — в течение любого периода, который, по словам ботаника, он наблюдал при поддающихся проверке условиях, что это действительно происходит; но когда ему говорят, что горошины, взятые из руки египетской мумии, или семена, высвобожденные лопатами землекопов после гораздо более длительного захоронения, сохраняют свою жизнеспособность, его доверчивость достигает предела. Он не может представить себе изменения настолько медленные, чтобы они распространялись в течение геологического периода, при этом не истощая всех изменчивых соединений.

Термин “дыхание” был расширен до тех пор, пока он не стал синонимом “окисления”. Одно время предполагалось, что соединение кислорода с окисляемыми веществами происходит в легких. Легкие были очагом организма, к которому кровь приносили топливо, которое сгорало во втягиваемом в них воздухе. Когда стало понятно, что фактическое соединение горючего материала с кислородом происходит не в легких, а в тканях, было проведено несколько

нелогичное различие между “внешним дыханием” — сочетанием кислорода и крови в легких - и “внутренним дыханием” — сочетанием кислорода и тканевых веществ. Эти условия несопоставимы. Поглощение кислорода гемоглобином крови отличается от процесса соединения кислорода после того, как гемоглобин расстался с ним, с углеродом, водородом и азотом тканевых веществ.

Кровоток доставляет топливо и кислород к тканям, но топливо, находясь в крови, не находится в окисляемом состоянии. Пища усваивается тканями. Они вступают в соединение со своей протоплазмой. Кислород также соединяется с тканевыми веществами. По мере того, как ткани становятся активными, происходит отщепление окисленных соединений. Они попадают в лимфу, откуда всасываются в кровь. Если они являются азотистыми соединениями, они переносятся в печень, образуются в мочевины и передаются почкам для выведения. Если это углекислота, то она попадает в легкие при выдохе. Вода, образующаяся в результате соединения водорода и кислорода, может выделяться из легких, почек или кожи.

Каждый день потребляется два-три фунта пищевых смесей. С кровью они переносятся в ткани, откуда удаляется эквивалентное количество отходов, то есть окисленных веществ. Для сжигания дневного запаса топлива требуется около 1½ фунта кислорода.

Проблемы с дыханием носят двоякий характер. Во-первых, мы должны рассмотреть физику и химию соединения гемоглобина с кислородом и выведения углекислоты из крови в легких; во-вторых, мы должны объяснить перенос кислорода из гемоглобина в ткани и поступление в кровь углекислоты, вырабатываемой тканями.

Аппарат, с помощью которого воздух приводится в соприкосновение с кровью, состоит из легких и трахеи. На своем верхнем конце, где она соединяется с частью пищеварительного тракта, общей для глотания и дыхания, специальная дыхательная трубка защищена гортанью. Носовые полости относятся к дыхательным путям; пищевод, или глотка, выполняет общие для этих двух функций.

Слизистую оболочку, выстилающую нос и трахею, поддерживают влажной, чтобы она могла улавливать частицы пыли, всасываемые вместе с воздухом. В то же время носовые камеры служат для согревания воздуха и для придания ему влаги, если он слишком сухой, поскольку эпителий, выстилающий легкие, страдает, если с ним соприкоснется сухой воздух. Поверхность стенок носовых полостей увеличивается за счет выпячивания складчатых и камерных “костей носовой раковины”. Важность прогрева воздуха перед его поступлением в легкие замечательно проиллюстрирована на примере некоторых морских птиц. Носовые камеры птицы-фрегаты и некоторых других птиц, похожих на него, исключительно сложны. Поскольку животное лишено какого-либо обоняния, а воздух, которым оно дышит, должен быть почти насыщен влагой, единственная функция, которая может быть возложена на эти извилистые проходы, - это согревание вдыхаемого воздуха.

Гортань будет описана более подробно, когда ее будут рассматривать как орган голоса. В связи с дыханием его следует рассматривать в первую очередь как клапан, который закрывает вход в дыхательное горло во время глотания. Над ней нависает листовидный отросток — надгортанник, состоящий из чрезвычайно эластичной ткани. До недавнего времени считалось, что надгортанник опускается над отверстием гортани, когда пища проходит по пищеводу, и поднимается снова, как только акт глотания заканчивается; но недавние наблюдения показали,

что во время глотания надгортанник прижимается к спинке языка и что смыкание гортани осуществляется ее собственными мышцами сфинктера. Слизистая оболочка гортани чрезвычайно чувствительна к раздражению чем бы то ни было, что могло бы нанести ущерб тканям легких. Когда стимулируется его чувствительный нерв - верхний гортанный — гортань закрывается. Он участвует во многих рефлекторных действиях, в которых участвует не только гортань, но и мышцы грудной клетки и диафрагмы. Например, он немедленно останавливает вдох, если в воздухе присутствуют раздражающие пары. Он останавливает дыхание, если любое инородное тело, такое как крошка хлеба или капля воды, касается слизистой оболочки. Когда ствол нерва стимулируется электрическим током, дыхание тормозится. Кроме того, при соответствующей стимуляции нерв вызывает дыхательные движения, при которых вдох мягкий, а выдох внезапный, сильный, конвульсивный. Реберные мышцы и диафрагма объединяются, вызывая кашель, который извергает вредное тело. Опять же, его стимуляция другим способом, вероятно, помогает вызвать сужение мелких бронхов, которые регулируют количество воздуха, подаваемого к воздушным клеткам легких; хотя это сужение может быть в значительной степени вызвано рефлексом, который начинается в воздушных клетках. Эпителий воздушных клеток имеет чрезвычайно богатый запас чувствительных нервов. У некоторых людей этот защитный механизм очень склонен переигрывать свою часть. Небольшое количество пыли или зловонного газа в воздухе приводит к такому выраженному сужению бронхов, что дыхание становится очень затрудненным. Такая чрезмерная склонность к рефлекторным действиям составляет невроз, астму. При этом заболевании механизм чрезмерно чувствителен. Очень слабая стимуляция приводит к максимальной передаче импульсов в мышечную ткань бронхов.

Трахея имеет длину около 4 дюймов. Она простирается от нижнего края перстневидного хряща, который легко прощупывается на шее под щитовидным хрящом (Адамово яблоко), до нижней стороны дуги аорты, где она разделяется на правый и левый бронхи. Эпителий, выстилающий трахею и бронхи, реснитчатый. Реснички продвигают секрецию, которая скапливается на их поверхности, вверх по направлению к гортани. Стенка трахеи остается открытой благодаря кольцам из хряща, которые являются неполными сзади, там, где соприкасаются трахея и пищевод. Кольца и пластинки из хряща также поддерживают бронхи. Бронхи делятся до тех пор, пока их диаметр не уменьшится примерно до 0,2 миллиметра. Затем каждая бронхиола распадается на пучок очень тонкостенных, удлинённых инфундибул булавовидной формы, диаметр которых примерно в пять раз больше диаметра бронхиолы, с которой они соединены. Они могут быть в три-четыре раза длиннее, чем в ширину. Стенка воронки, подобно сотам, разделена на неглубокие камеры - воздушные ячейки или альвеолы.

Стенки воздушных камер, или альвеол, образованы мембраной, по которой распространяется сеть капиллярных кровеносных сосудов. Воздушные камеры расположены настолько плотно друг к другу, что общая стена отделяет одну камеру от соседней. Мельчайшие кровеносные сосуды проникают через перегородки, разделяющие камеры, появляясь то с одной стороны стенки, то с другой. Воздушные камеры выстланы тонкими эпителиальными чешуйками или плитками. Кровь в капиллярных сосудах отделена от воздуха в воздушных камерах стенкой капилляра; лимфатическим пространством, вероятно, скорее потенциальным, чем действительным; и эпителиальными плитками. Этого покрытия достаточно, чтобы предотвратить утечку как красных кровяных телец, так и плазмы, но при этом оно оказывает очень небольшое сопротивление проникновению газов из крови в воздух, а из воздуха - в кровь.

Лейкоциты проникают между плитками и ползают по их внутренней поверхности в поисках клеточных обломков или посторонних веществ. Все, что они находят, они переносят в скопления лимфоидной ткани, которые образуются на внешней стенке бронхов. У городского жителя в этих лимфатических зарослях обнаружены лейкоциты, заряженные частицами сажи. На них видны капельки жира и другие признаки дегенерации. На других участках можно увидеть небольшие скопления сажи, которые остались после растворения лейкоцитов, доставивших их туда.

Невозможно произвести что-либо похожее на точную оценку количества альвеол в легких; 725 000 000 - это цифра, полученная путем измерения средней кубической емкости альвеолы и сравнения ее с общей кубической емкостью легких. Каждая альвеола поддерживает около сорока или пятидесяти капиллярных сосудов. Площадь открытой сосудистой оболочки составляет 90 квадратных метров, или примерно в 100 раз больше площади кожи. Цифры, подобные этим, несут в себе очень мало смысла, но они помогают осознать масштабы мер, принимаемых для аэрации крови.

Пневмония - это состояние, при котором слизистая оболочка воздушных камер воспаляется, обычно, возможно, всегда, из-за проникновения бактерий. Лимфа выделяется через стенки альвеол. Эпителиальные чешуйки отслаиваются. Клетки гноя (мертвые лейкоциты) скапливаются в воздушных камерах. Дыхание затруднено, возникает одышка. Через некоторое время, если дело продвигается благоприятно, начинает происходить “разрешение”, как это технически называется. Выделенные вещества либо отхаркиваются, либо всасываются, и легочная ткань возвращается в нормальное состояние.

Здесь несколько слов можно посвятить дыхательным звукам. *Spirare* означает вздыхать. Дыхание получило название, под которым оно известно в физиологии, от звука, сопровождающего выход воздуха из ноздрей. С момента введения аускультации как средства определения состояния легких большое значение приобрели другие звуки, которые не слышны до тех пор, пока ухо или стетоскоп не будут приложены к грудной клетке. Эти звуки, называемые “бормотаниями”, можно разделить на два класса. (a) Когда ухо прикладывается к трахее или к середине спины между лопатками, слышен шум, обусловленный движением воздуха через гортань. Если в гортани, трахее или бронхах содержится слизь, это резкий, шершавый, булькающий или потрескивающий звук. Он сопровождает как вдох, так и выдох. (b) Более мягкий, деликатный шум слышен, когда ухо прикладывается к передней или боковой части грудной клетки. Это везикулярный или легочный шум. Он слышен во время вдоха и обусловлен прохождением воздуха из мельчайших бронхов в более просторную нижнюю челюсть, в которой они заканчиваются. Необходимо четко различать эти два вида шума — гортанный шум, слышимый в ситуациях, когда между ухом и большой трахеей или бронхами нет легочной ткани; и легочный шум, слышимый во всех областях, где бронхи погружены в легкие. Здоровое легкое является таким же плохим проводником звука, как губка или комок ваты. Гортанный шум не слышен в областях, в которых легкое находится под грудной стенкой. Попытка описать самые разнообразные изменения грудных звуков, которые могут быть вызваны болезнью, вышла бы далеко за рамки этой книги. Студенту было бы неплохо ознакомиться с природой звуков, которые слышны в здоровом состоянии, и с ситуациями, в которых они слышны, чтобы он мог в ненормальных условиях распознать, что что-то не так.



Основные отклонения от нормы могут быть сгруппированы под следующими заголовками: (1) Легочный шум может утратить свой мягкий, сглаживающий характер вдоха вследствие воспаления альвеол и нижней челюсти. Выдох может быть таким же громким, как и вдох. Только опытный слух может оценить значение этих изменений. (2) Гортанный шум может быть усилен "хрипами" — удобным термином для обозначения дополнительных звуков. Источником таких хрипов может быть простуда в груди, ларингит или бронхит различной степени тяжести. (3) Гортанный шум может быть услышан в ситуациях, когда легкое находится между ухом и более крупными бронхами. Это может быть связано только с ненормальным состоянием легких как проводника звука. Вместо того, чтобы быть губчатым, как хорошо прожаренный венский хлеб, его воздушные полости заполнены твердыми или жидкими отложениями. Она твердая, как тесто. Такого состояния она достигает в разгар пневмонии — стадии, называемой "гепатизацией", потому что в разрезе она больше похожа на печень, чем на легкое.

Дыхание - это расширение и уменьшение грудной клетки, которое заставляет воздух втягиваться в легкие и выходить из них. Поскольку дыхательное горло открыто, давление воздуха в легких, естественно, такое же, как в атмосфере. Расширение грудной клетки приводит к равному расширению легких. Поскольку между внешней поверхностью легких и внутренней поверхностью грудной стенки нет воздушного пространства, легкие не могут отделиться от грудной стенки при ее расширении. Но легкие содержат эластичную ткань, которая всегда слегка растянута. Если грудная клетка проткнута и воздух попадает между грудной стенкой и легкими, легкие разрушаются. Движение выдоха, сокращение грудной клетки, происходит из-за эластичности легких. Этой тенденции легких сокращаться достаточно при спокойном дыхании, чтобы восстановить грудную клетку до ее обычного размера после вдоха и, таким образом, выпустить воздух. Легкие остаются открытыми из-за отрицательного давления в пространстве, отделяющем их от грудной клетки. Это отрицательное давление имеет важнейшее отношение к их проницаемости для воздуха. Представьте себе обратное состояние. Представьте легкое, в которое воздух нагнетается мышечным насосом. После каждого удара насоса легкое будет сжиматься. Его тончайшие трубки и их расширенные окончания могли сохраняться в виде открытых пространств между ходами насоса только за счет придания значительной толщины и прочности их стенкам. Такая плотная структура была бы неблагоприятна для газообмена между кровью и воздухом. В природе встречается обратная ситуация. Легкое растягивается извне. Его ткань, нежная, как креп, не может разрушиться даже в конце самого глубокого выдоха.

Ребра соединены межреберными мышцами, расположенными в два слоя. Волокна наружных межреберных промежутков направлены вниз и вперед, волокна внутренних межреберных промежутков - вниз и назад. При спокойном дыхании грудная клетка увеличивается за счет наружных межреберных мышц, которые поднимают ребра, и диафрагмальной мышцы, которая делает периферические участки диафрагмы плоскими. Роль внутренних межреберных мышц все еще находится в стадии обсуждения. По большей части физиологи рассматривают их как вспомогательное средство при выдохе, но некоторые считают, что они в сочетании с наружными межреберьями поднимают ребра и выворачивают их наружу во время вдоха. Диафрагма представляет собой перегородку, отделяющую грудную полость от брюшной. Она имеет форму свода. Центральная часть купола перепончатая, по краям мышечная. Его перепончатый центр соприкасается с перикардом, который окружает сердце. Таким образом, уровень этой части остается неизменным, за исключением форсированного вдоха, когда он немного опускается. Она представляет собой неподвижную плоскость для мышц диафрагмы,

которые прикреплены снизу к позвоночному столбу и ребрам. Когда мышцы сокращаются при вдохе, кривизна краевых отделов диафрагмы уменьшается, и, следовательно, грудная полость увеличивается. Во время выдоха пространство между мышцей диафрагмы и грудной стенкой закрывается, и нижняя граница легкого выскальзывает из него.

Существует заметная разница в относительной протяженности реберных и диафрагмальных движений у мужчин и женщин. У женщин дыхание в основном реберное; у мужчин оно в основном диафрагмальное. У мужчин живот подается вперед, поскольку диафрагма опускается при спокойном дыхании; у женщин грудная клетка поднимается. Мужчины, которые хотят для занятий спортом, пением или публичными выступлениями сохранить способность максимально использовать объем своей грудной клетки, поступают мудро, не позволяя себе привыкать к ленивому брюшному дыханию.

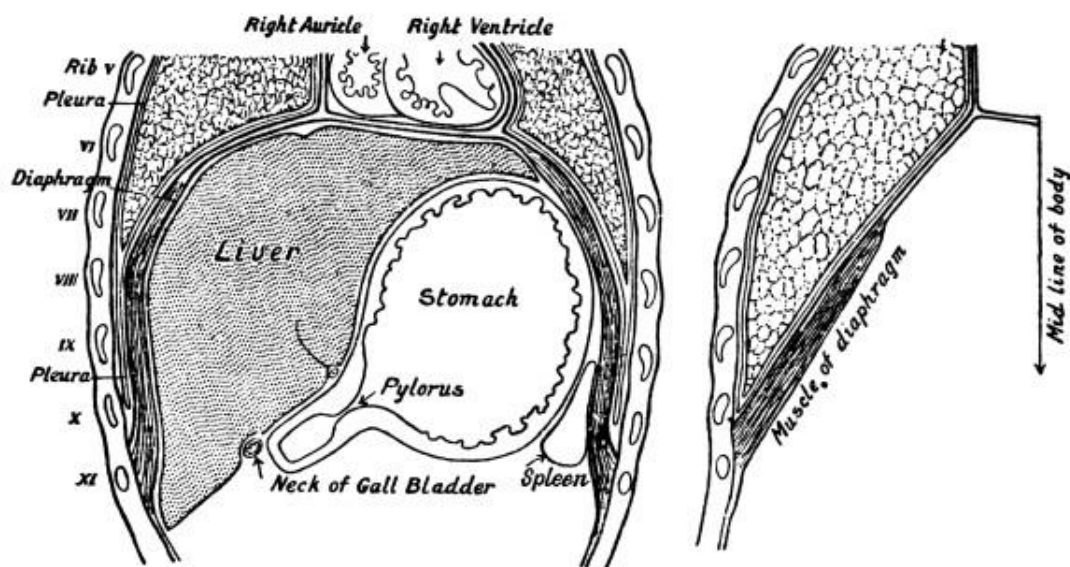


Рис. 8. Диафрагма и органы, соприкасающиеся с ней — А, при выдохе; Б, в конце глубокого вдоха. Поперечные вертикальные разрезы по линии подмышечной впадины.

А, В конце обычного выдоха легкое не простирается ниже верхней границы восьмого ребра. От этого уровня до средней или нижней границы десятого ребра соприкасаются два слоя плевры, покрывающие соответственно внутреннюю стенку грудной клетки и верхнюю поверхность диафрагмы. Б) Когда легкое расширяется воздухом, оно занимает всю плевральную полость.

Когда требуется дополнительное давление, когда дыхание затруднено, в игру вступают различные внешние мышцы, прикрепленные к позвоночнику, лопаткам и ключицам, а также мышцы живота.

Грудная клетка выстлана, а легкие покрыты серозной оболочкой - плеврой. В норме лимфы в пространстве между висцеральным слоем плевры, который окружает легкие, и париетальным слоем, который выстилает грудную стенку, едва хватает, чтобы предотвратить трение во время дыхания. Когда плевра воспалена, один слой мембраны трется о другой. На ранней, или “сухой” стадии плеврита, врач распознает это состояние по звуку трения, который он слышит, прикладывая свой стетоскоп к грудной клетке. На более поздней стадии изливается лимфа (плевритная жидкость). Он накапливается в нижней части грудной клетки и распознается по

отсутствию резонансной ноты, которая при нормальных условиях издается грудной клеткой при перкуссии.

Легкие не сжимаются во время выдоха; они не сжимаются, как пара мехов или губка, которые можно сжать, опорожняя их от содержимого. В конце спокойного выдоха в легких остается около 3½ литров воздуха. В верхней точке спокойного вдоха объем их содержимого не превышает 4 литров. Следовательно, очевидно, что воздух не втягивается в дыхательные камеры и не вытесняется из них при дыхании. Поток воздуха не распространяется далеко за пределы бронхов. Газы в воздушных камерах заменяются свежим воздухом, поступающим в глазное дно за счет диффузии. Состав воздуха, контактирующего с кровеносными сосудами, постоянен. Это примерно на 4% беднее кислородом и на 3% богаче углекислотой, чем наружный воздух.

Из воздуха, втягиваемого в трахею во время вдоха, примерно треть возвращается в открытое горло при следующем выдохе; две трети остаются в легких. Следовательно, если количество воздуха, всасываемого при каждом приливе, составляет одну седьмую от того количества, которое уже находится в легких, и если из этой одной седьмой остается две трети, каждая альвеола обновляет примерно одну десятую часть своего запаса воздуха. Его содержимое полностью меняется за десять вдохов.

Свежий воздух состоит на 21% кислород - на 79% азот и небольшое количество (0,04%) углекислоты. Нагнетаемый шприцем через известковую воду свежий воздух не дает заметной молочности, в то время как воздух, вдыхаемый через трубку в известковую воду, делает ее мутной из-за образования карбоната извести. Углекислота (**CO<sub>2</sub>**) занимает тот же объем, который занимал бы ее кислород (**O<sub>2</sub>**), если бы он был свободным. Количество кислорода, потерянного при вдыхании воздуха, немного превышает количество углекислоты, которую он получил взамен. Разница обусловлена удержанием части кислорода с целью соединения с водородом с образованием воды и образования мочевины. Соотношение между получением углекислоты и потерей кислорода, **CO<sub>2</sub> / O<sub>2</sub>** называется “респираторным коэффициентом”. Его ценность, конечно, зависит от диеты. У травоядного животного, пища которого состоит из углеводов, она лишь незначительно отличается от единицы; у плотоядного животного, которое питается жирной и азотсодержащей пищей, она составляет около 0,8.

Дыхательный обмен у хладнокровных животных намного меньше, чем у животных, которые поддерживают температуру тела на фиксированном уровне. У теплокровных животных он повышается при понижении температуры, падает при ее повышении, повышенное окисление согревает тело, а пониженное окисление позволяет ему охлаждаться; тогда как у хладнокровных животных он увеличивается при повышении температуры из-за большей активности, вызванной теплом, и падает при понижении температуры.

Дыхательный обмен усиливается за счет мышечной активности. Если измерить количество поглощаемого кислорода и выделяемой углекислоты, когда человек находится в состоянии покоя, и еще раз, когда он выполняет тяжелую физическую работу, то обнаружится, что во время работы дыхательный обмен в два раза выше, чем во время отдыха. В периоды голодания дыхательный обмен остается неизменным, поскольку необходимо постоянно вырабатывать тепло, чтобы температура тела не падала.

Поскольку цель дыхания состоит в том, чтобы дать крови возможность возобновить поступление кислорода и избавиться от углекислоты, которой она насыщена, можно было бы предположить, что дыхательный обмен будет усилен, насколько это касается поступления кислорода, при вдыхании газообразного кислорода вместо воздуха; но, по-видимому, при нормальных условиях ничего не достигается. Когда животное дышит воздухом, его кровь поглощает весь кислород, который ему нужен, то есть весь кислород, о котором просят его ткани. Предоставление ему чистого кислорода вместо смешанного кислорода и азота не заставляет его поглощать больше. Гемоглобин практически насыщен кислородом, когда кровь покидает легкие в обычных условиях. Однако при определенных заболеваниях легких, при которых кровь становится чрезмерно венозной, вдыхание кислорода может быть полезным; но даже в этих случаях результаты разочаровывают, потому что организм гораздо меньше страдает от дефицита кислорода, чем от накопления углекислоты. Замена воздуха кислородом не способствует выделению углекислоты.

**Нервный механизм дыхания** был предметом многочисленных исследований и экспериментов, но, следует признать, без разработки достаточно полной или удовлетворительной теории. Дыхание - ритмичный процесс. Примерно семнадцать раз в минуту сокращаются межреберные и диафрагмальные мышцы. За вдохом немедленно следует выдох, причем движение падения обусловлено, как уже объяснялось, эластичностью легких, которые растягиваются во время вдоха. Небольшая пауза возникает между окончанием выдоха и началом следующего вдоха. Спокойное дыхание — это последовательность рефлекторных вдоховых движений, глубина которых варьируется в зависимости от потребностей организма, то есть в зависимости от состояния крови. Если потребность в аэрации крови становится острой, глубина вдоха увеличивается, и выдох также превращается в активное движение, при этом задействуются определенные мышцы, особенно брюшной полости. В этом состоянии чередуются два набора рефлекторных действий. Большое количество нервов задействовано даже при спокойном дыхании. Если человек при падении “ломает спину” на стыке шейного и грудного отделов, реберное дыхание прекращается. Ряд межреберных нервов, отходящих от спинного мозга ниже уровня, на котором он поврежден, выходят из строя. Диафрагмальное дыхание все еще продолжается, потому что диафрагмальный нерв берет начало от шейных корешков. Легкие снабжаются блуждающим нервом. Этот нерв присоединяется к продолговатому мозгу как один из группы из трех — глоточного, блуждающего и спинномозгового вспомогательного, — которые большим количеством корешков входят в желобок между маслиной и остевидным телом. Блуждающий нерв - это канал, по которому афферентные импульсы из легких поступают в продолговатый мозг. Такие импульсы вызывают дыхательные движения. Однако перерезание обоих блуждающих нерв не прекращает дыхание. Вдоховые движения продолжаются, но они намного глубже и разделяются гораздо более длительными паузами. Такая форма дыхания неэффективна. Кровь не аэрируется должным образом. Животное впадает в состояние одышки, которое заканчивается смертью. Когда стимулируется центральный конец рассеченного блуждающего нерва, движения становятся более естественными. Очевидно, что дыхательный рефлекс не зависит от блуждающего нерва, поскольку он продолжается и после перерезания нерва, хотя импульсы, проходящие по этому нерву, регулируют его ритм. Они регулируют продолжительность вдоховых движений, сокращают их в нужный момент и обеспечивают их последовательность через надлежащие промежутки времени.

Передача афферентных импульсов в эфферентные каналы происходит в продолговатом мозге. Давным-давно было обнаружено, что если удалять мозг выше этого уровня, часть за частью,

дыхание не нарушается до тех пор, пока не будет поврежден продолговатый мозг. Когда делается разрез в дне четвертого желудочка недалеко от средней линии, дыхательные движения на этой стороне тела прекращаются. Если травма двусторонняя, даже при очень ограниченной степени, дыхание прекращается. Поэтому об этом месте говорили как о “дыхательном центре”. Флуранс, который первым обнаружил это, считал, что это просто пятно. Он дал ему причудливое название *nœud vital*. Это место, в котором афферентные нервы, отвечающие за дыхание, соединяются со всеми различными двигательными нервами, вызывающими дыхательные движения ноздрей, гортани, грудной клетки и диафрагмы. Возможно, нож при разрезе Флоуренса разделяет волокнистый тракт, который распределяет афферентные импульсы, но независимо от того, является ли соединение определенным трактом или нет, повреждение этой области продолговатого мозга выводит из строя нервный механизм дыхания. В этом конкретном месте находится “центр” дыхания — единственная часть нервной системы, которая должна быть неповрежденной, если мы хотим осуществлять дыхательные движения. Нет никаких оснований думать, что дыхательные импульсы генерируются в этом месте. Это центр в том же смысле, в каком Крю является центром распространения товаров из Ланкашира и других частей Англии в Северный Уэльс. Использованием термина “нервный центр” очень злоупотребляли. Предполагалось, что Центры представляют собой скопления клеток, каждая группа которых обладала некоторой прерогативой инициации. Исходя из аналогии с человеческими институтами, считалось необходимым, чтобы нервная система была организована в отделы, по отдельности ответственные за управление деятельностью определенных групп мышц: один центр контролировал дыхание, другой - биение сердца, третий - глотание. Центры зависели один от другого; в этой бюрократической схеме каждый регулировал нижестоящие центры и управлялся вышестоящими. Мы ничего не знаем ни о какой функции нервных клеток, кроме функции передачи импульсов. Все, что мы знаем о нервных клетках, - это то, что они задействуют афферентные и выносящие пути связи и создают сопротивление в нервных цепях. Каждая нервная клетка серого вещества головного и спинного мозга выделяет разветвляющиеся процессы. Конечные веточки, на которые делится ветка, находятся в соединении с другими наборами веточек, происходящих от концевых разветвлений нервных волокон или отростков других нервных клеток. Нервное волокно - это всего лишь осево-цилиндрический отросток нервной клетки. Импульсы сталкиваются с сопротивлением при прохождении по нейроволокну ([см. рис. 22](#)) содержится в веточковых соединениях разветвляющихся отростков нервных клеток. Нет никаких оснований предполагать, что такое же сопротивление оказывается прохождению импульсов вдоль фибрилл, где они находятся внутри толстых ветвей клеточных отростков или внутри тела клетки. Легко сделать наглядное представление о таком механизме. Представьте модель ствола дерева, сделанного путем соединения вместе большого количества проводов; его ветви состоят из небольших групп проводов; конечные веточки - из отдельных проводов. Протяните провода от корней одного дерева к ветвям другого. Деревья, построенные таким образом, можно рассматривать как представляющие нервные клетки. Нам пока не удалось продемонстрировать, как отдельные нейрофибриллы переходят от концевых отростков нервного волокна к концевым отросткам ветви нервной клетки, но у нас есть все основания полагать, что они действительно проходят таким образом и что сопротивление прохождению нервного импульса возникает в этой нейтральной, или соединительной, зоне. Это сопротивление должно быть преодолено. Оно преодолевается суммированием импульсов. Все нервные импульсы являются вибрационными. Первые вибрации могут не пройти; но если вибрации продолжаются, они оказывают кумулятивный эффект. Через некоторое время они преодолевают сопротивление; сенсорные

импульсы проходят через центр в двигательные каналы. Таким образом, мы пытаемся объяснить ритмическую разрядку через дыхательный и другие центры. Оказалось невозможным определить источник всех афферентных импульсов, которые достигают центра. Дыхание продолжается после того, как были перерезаны все доступные нервы, включая даже задние корешки шейных нервов. Вероятно, ошибочно искать определенные афферентные каналы в продолговатом веществе и остальном мозге. Все части тела нуждаются в газированной крови. Потребность в дыхании возникает во всех частях тела, включая саму нервную ткань. Возможно, нервные центры обладают способностью, так сказать, накапливать импульсы и разряжать их после того, как поток вновь прибывших иссякнет. Они могут приобрести привычку.

На сопротивление в центре сильно влияет состояние крови. По мере того, как кровь становится более венозной, импульсы проходят по нервным соединениям со все возрастающей силой. Удерживаемые в первом случае в определенных каналах, они распространяются по мере того, как центр становится более возбудимым, все дальше и дальше, достигая одной группы мышц за другой и заставляя их выполнять функции дыхания. Когда при одышке каждая мышца, которая может каким-либо образом способствовать движениям грудной клетки, делает все возможное, другие, бесполезные для этой цели, получают отраженные импульсы и присоединяются, вызывая общие конвульсии. Повышенная активность дыхательного центра, вызванная небольшой венозностью крови, проявляется в быстрых и глубоких вдохах, которые вызываются интенсивными физическими нагрузками. Возможно, оправданно пойти еще дальше и утверждать, что в крови, которая стала венозной в результате мышечной активности, есть нечто такое, что особенно возбуждает дыхательный центр. Если предотвратить возвращение крови из конечности в общее кровообращение, сдавливая или перевязывая ее крупные вены, и если мышцы конечности сильно стимулировать электрическим током, их активность, пока прохождение по венам перекрыто, не оказывает влияния на дыхание. Но при ослаблении давления на вены дыхание может стать вдвое более глубоким и вдвое более частым, чем это было до стимуляции мышц, хотя конечность сейчас находится в состоянии совершенного покоя.

Каково особое действие блуждающего нерва? Его верхняя гортанная ветвь, как уже говорилось, контролирует вдох и вызывает выдох. Импульсы, которые проходят по его основному стволу, вызывают упорядоченные движения. Их генерация не зависит от состояния крови в легких. Когда грудная клетка наполняется азотом, вдох и выдох чередуются обычным образом, хотя венозность крови неуклонно увеличивается. Неспособность вдоха вызвать аэрацию крови не приводит к продлению усилия при вдохе. Вдох прерывается, и выдох устанавливается в обычной последовательности. При выполнении “искусственного дыхания” (ср. с. 184) с целью спасения жизни в случаях, когда дыхание прекращается из-за наполнения легких водой или по другим причинам, грудную клетку увеличивают, поднимая руки над головой, и уменьшают, прижимая локти к бокам. Расширение способствует тенденции к выдоху, сжатие - тенденции к естественному усилию при вдохе. Очевидно, что существует связь между движениями грудной клетки и стимуляцией дыхательного центра. Если дыхание осуществляется искусственно, путем нагнетания воздуха из мехов в трахею, ноздри расширяются при растяжении грудной клетки и сокращаются при ее опорожнении, при условии, что блуждающий нерв не поврежден, точно так же, как это происходит при нормальном дыхании. Это показывает, что при опорожнении грудной клетки сигнал передается к ядру, от которого начинается нерв, питающий мышцы-расширители ноздрей. Когда легкие наполнены, сообщение призывает ноздри сокращаться. Единственным фактором, который является общим для вдавливания и вытягивания ребер, а

также наполнения и опустошения легких с помощью мехов, является изменение формы легких, которое производится этими двумя методами. Невозможно удержаться от вывода, что растяжение ткани легких стимулирует нервные окончания блуждающего нерва. Вызванные таким образом импульсы автоматически останавливают вдох и приводят к усилению выдоха.

Есть много указаний на то, что нервный механизм дыхания является двойным: определенные стимулы вызывают выдох с торможением вдоха, другие препятствуют выдоху и вызывают вдох. Однако существует много трудностей на пути формулирования удовлетворительной теории взаимосвязи этих антагонистических действий. Мы часто можем наблюдать признаки такого антагонизма между двумя фазами дыхательного механизма. При попадании холодной воды на затылок (когда голову моют шампунем) происходит длительный вдох с задержкой выдоха. Удар под ложечкой “выбивает из человека дух”. Выдох затягивается до тех пор, пока легкие не становятся необычно пустыми, и все же жертва удара чувствует, что никогда больше не сможет вдохнуть.

**Измененные дыхательные движения.** Цель кашля — изгнать инородные тела из трахеи или гортани; цель чихания - прочистить нос. Первое действие состоит из длительного глубокого вдоха; закрытия голосовой щели; резкого выдоха. Струя воздуха, попадающая в закрытую голосовую щель, создает значительное давление. Когда сопротивление голосовой щели преодолено, струя устремляется наружу, неся с собой слизь, или хлебный мякиш, или что бы это ни было за вещество, которое вызвало раздражение окончаний верхнего гортанного нерва. При чихании задняя часть языка прижимается к небу, закрывая отверстие зева. Вдох затягивается. Затем следует сильный выдох. Струя воздуха проносится через носовые полости. Этот рефлекс обычно провоцируется щекотанием окончаний пятого нерва в слизистой оболочке носа. У многих людей это также вызывается ярким светом через зрительный нерв; очевидно, бесцельный рефлекс, о котором мы подробнее расскажем в следующей главе. Смех и плач - это модифицированные дыхательные движения, столь же бесполезные, поскольку достигается какая-либо непосредственная цель, как чихание в ответ на яркий свет. Как средства выражения эмоций они были культивированы человечеством. Возможно, причиной плача могут быть физиологические причины. При определенных обстоятельствах это снимает чувство подавленности, которое, пока оно длится, наносит ущерб надлежащим функциям организма. Смех, несомненно, полезен. Быстрые движения грудной клетки ускоряют кровообращение. Покачивание живота способствует выделению пищеварительных выделений, ускоряет работу пищеварительного тракта и в целом благотворно влияет на пищеварение. Но “смейся и толстей” - это не обязательно причинно-следственный порядок. Эффективное пищеварение и хорошая способность к ассимиляции приводят к ощущению *бытия*, которое предрасполагает к веселому взгляду на жизнь.

Зевота - это глубокий вдох с открытым ртом и гортанью. Обычно это начинается в конце обычного вдоха, за небольшой паузой следует следующий вдох, глубокий и продолжительный. Его начало, по-видимому, связано с импульсами, генерируемыми расслаблением тонуса мышцы, поддерживающей нижнюю челюсть. Массажер на мгновение отключается, позволяя челюсти опуститься. Немедленно следует рефлекторное сокращение мышц, открывающих рот. Мышцы шеи и головы также вступают в игру. Не исключено, что зевок заканчивается общим потягиванием. Если происхождение этого рефлекса неясно, его полезность очевидна. Кровообращение ускоряется, кровь меняется, нервная система и мышцы снова становятся бдительными.

“Апноэ” - это состояние остановки дыхания. Если человек, собирающийся нырнуть в воду, глубоко и часто вдохнет полдюжины раз, он на некоторое время подавит желание дышать. Естественно, кто-то склонен объяснять это избытком кислорода, поступающего в кровь, но минутное размышление показывает, что это не может быть причиной. Во-первых, как мы уже указывали, кровь, покидающая легкие при спокойном дыхании, почти полностью насыщена кислородом. Она может потреблять лишь немногим больше. Опять же, глубокие вдохи не изменяют состав воздуха в воздушных камерах; требуется время для обновления за счет диффузии их газообразного содержимого. Маловероятно, что состав воздуха в альвеолах ощутимо изменяется от нескольких глубоких вдохов. Вероятно, объяснение следует искать в воздействии на нервный центр растяжения грудной клетки. Растяжение нервных окончаний блуждающего нерва в легких препятствует вдоху. Если стимуляция чрезмерна, вдох задерживается на значительное время. То, что это правильная теория апноэ, доказывается многократным надуванием легких обезболиваемого животного с помощью пары мехов. Такая же остановка вдоха возникает независимо от того, наполняются ли легкие воздухом или нейтральным газом, таким как азот, при условии, что блуждающий нерв не поврежден. Если это сделать, накачка нейтральным газом больше не приведет к образованию апноэ.

“Одышка” - это термин, применяемый к сложным состояниям и движениям, которые возникают в результате недостаточной аэрации крови, или, скорее, в результате распределения недостаточно аэрированной крови к центрам продолговатого мозга. Кровоснабжение остальной части тела может быть в удовлетворительном состоянии, но если из-за перевязки сонных и позвоночных артерий или по другим причинам приток крови к мозгу недостаточен для его надлежащего питания, явления одышки столь же выражены, как и при нарушении поступления воздуха в легкие. Что возбудимость нервных центров в головном мозге значительно повышается, когда этот орган снабжается венозной кровью, и что их склонность передавать импульсы, требующие дыхания, вследствие этого усиливается, замечательно показано следующим экспериментом: Двух кроликов - А. и Б. — подвергают воздействию хлороформа. Их сонные артерии перерезаны, и перекрестное кровообращение установлено путем соединения проксимальных концов артерий А. с дистальными концами артерий Б., и *наоборот*. Голова каждого кролика теперь снабжается кровью из сердца другого, остальная часть его тела - кровью из его собственного сердца. Грудная клетка А. теперь открыта, так что его легкие сжимаются и перестают участвовать в дыхании. Животное продолжает совершать дыхательные движения в спокойной манере, в то время как Б. испытывает сильную одышку. Животное, мозг которого получает газированную кровь, остается нормальным, несмотря на то, что его легкие и остальная часть тела отравлены венозной кровью. У животного, мозг которого снабжается венозной кровью, возникает одышка, хотя в его легкие и тело поступает чистая артериальная кровь.

Существует регулярная последовательность явлений одышки, ведущих к заключительной стадии, называемой “асфиксией”. Если трахея внезапно закупоривается, так что воздух не может проходить, дыхательные движения сразу становятся более глубокими и учащенными. Это состояние называется “гиперпневмония”. Через сравнительно несколько секунд система как бы обнаруживает, что вдох не требуется. Начинают преобладать усилия при выдохе. Их сила возрастает. В игру включаются все вспомогательные мышцы. Крик о глотке воздуха слышен даже мышцами, которые не могут помочь. Мышцы конечностей сокращаются, хотя их сокращение никак не влияет на объем грудной клетки. Каждое усилие при выдохе сопровождается судорогами сгибательного типа. По истечении двух минут обычно происходит



внезапная перемена. Попытки выдоха прекращаются. На смену им приходят медленные, глубокие, нечастые вдохи, сопровождающиеся судорогами мышц-разгибателей. Зрачки широко расширены, рот открыт, голова запрокинута. Испытуемый абсолютно нечувствителен ко всякого рода раздражителям. Пульс показывает высокое артериальное давление. Биение сердца медленное и сильное. Примерно через четыре минуты с момента перекрытия трахеи дыхательные движения прекращаются. Артериальное давление падает. Работа сердца быстро ослабевает, хотя еще на две-три минуты оно может продолжать мерцать. Восстановление возможно до тех пор, пока оно окончательно не прекратится. После смерти правая сторона сердца оказывается переполненной кровью, левая - пустой, что свидетельствует о том, что сердце не смогло прогнать кровь по капиллярам легких.

При всех обычных условиях последовательность явлений асфиксии одна и та же — стадия усиленного дыхания (гиперпноэ), стадия, отмеченная взаимодействием мышц, которые не задействованы при спокойном дыхании (одышка), за которой следует состояние асфиксии, правильно названное так. Животное, у которого перекрыт доступ свежего воздуха, проходит через эти три стадии, независимо от того, заключено ли оно в маленькое пространство или в очень большое. Следует, однако, отметить, что при асфиксии в разной степени сочетаются несколько факторов. В крови избыток углекислоты и недостаток кислорода. Нервный механизм, регулирующий дыхательные движения, выведен из строя. Двигательные и тормозные импульсы находятся в конфликте. Для анализа этих сложных явлений важно, чтобы в любой момент времени был изменен только один фактор. Например, можно допустить увеличение содержания углекислоты в воздухе при поддержании постоянного напряжения кислорода. При таких обстоятельствах одышливые сокращения гораздо менее выражены. Судорог не возникает. Преобладает парализующее действие углекислоты. Анестезия переходит в полную бессознательность. Смерть протекает спокойно. И это, вообще говоря, то, что происходит при заболевании легких. Асфиксия наступает медленно. Поступление кислорода не уменьшается, но в крови накапливается углекислота, действующая как наркотический яд, который снижает возбудимость нервной системы, приостанавливает сознание и медленно останавливает жизнедеятельность.

В случаях утопления, когда легкие заполнены водой, сопротивление прохождению крови по их капиллярным сосудам больше, чем когда они все еще заполнены воздухом. Сердце начинает биться быстрее, пытаясь прогнать кровь через них. Обычно оно останавливается примерно через четыре минуты. Тем не менее, трудно сказать, как долго после погружения человека в воду его еще можно будет реанимировать. Сообщения разнятся, в значительной степени из-за неопределенности относительно точного времени, когда погруженный человек затонул и его легкие наполнились водой. Мудрое правило гласит, что искусственное дыхание следует делать в каждом случае, не дожидаясь ни единого мгновения, чтобы убедиться, что сердце все еще бьется. Первое, что нужно сделать, это опорожнить грудь от воды. Затем положите испытуемого на спину. Встаньте на колени на земле за его головой. Возьмитесь за руки чуть ниже локтя каждой рукой. Поднимите руки над головой пациента так, чтобы грудные и другие мышцы напряглись на ребрах, увеличивая грудную клетку; затем опустите их и прижмите к бокам. Это должно выполняться в естественном ритме дыхания и не чаще двадцати раз в минуту. Хорошо, если ассистент вытягивает язык вперед, чтобы обеспечить свободный доступ воздуха. Предположительно, небольшой воздухообмен, вызванный механическим расширением и сжатием грудной клетки, способствует прохождению крови по капиллярам легких; но реальная цель искусственного дыхания - растянуть окончания блуждающего нерва и таким образом

вызвать импульсы, которые приведут в действие дыхательный центр. Возможно, будет не лишним указать на то, что отсутствие пульса не следует воспринимать как признак того, что сердце перестало биться. Из-за препятствия кровообращению в легких левая сторона сердца почти пуста. В аорту закачивается очень мало крови. Ни одна не достигает запястья.

**Газообмен в легких.**—В легких каждое красное тельце получает из воздуха заряд кислорода, который переносит к тканям. В тканях плазма крови получает углекислоту, которая выделяется из нее при попадании в легкие. Вода растворяет кислород и углекислоту. По отношению к животным и растениям, которые в ней обитают, вода играет ту же роль, что и атмосфера по отношению к обитателям суши. Количество газа, которое растворяется в воде, пропорционально давлению, которому она подвергается. Если бы циркулирующей жидкостью была вода, некоторое количество кислорода поступало бы в легкие; некоторое количество углекислоты всасывалось бы тканями и высвобождалось в легких. Но ясно, что небольшое количество жидкости, которое будет удерживаться сосудистой системой, не сможет служить эффективным средством обмена между тканями и легкими. Когда определенное количество венозной крови перемешивается с воздухом, поглощается в пять раз больше кислорода, чем могла бы нести кровь, если бы газ был просто растворен. И кислород, и углекислота удерживаются кровью в химическом сочетании.

Условия, в которых переносится кислород, были открыты в 1864 году ([ср. стр. 68](#)). Издавна было замечено, что кровь, вытекающая из вены, темнее и имеет более фиолетовый оттенок, чем кровь, вытекающая из перерезанной артерии. Незадолго до упомянутой выше даты спектроскоп начали использовать для более точного, чем это может сделать глаз, различения групп лучей, которые пропускает окрашенный раствор. Цвет луча света зависит от длины его волны. Солнечный свет, когда его лучи сортируются призмой в соответствии с их длиной волны, показывает все цвета, от длинных волн красного до коротких лучей фиолетового, с определенными промежутками. Через промежутки времени, когда лучи отсутствуют, в спектре появляются темные полосы — линии Фраунгофера. Цвет раствора измеряют, помещая содержащий его сосуд с плоскими стенками в направлении луча солнечного света на пути к призме. Когда лучи распространяются, наблюдается, что определенные группы были поглощены окрашенной жидкостью. Цвет раствора обусловлен излучениями, которые он пропускает. В 1862 году было указано, что кровь, разбавленная водой, поглощает части каждого конца спектра, а также две группы лучей, лежащих между фиксированными полосами Фраунгофера, которые спектроскописты обозначили как D и E. Стоукс заметил, что это верно только для артериальной крови. Венозная кровь поглощает широкую полосу в этой части спектра вместо двух узких полос. Он показал, что “подобно индиго, он способен существовать в двух состояниях окисления, различимых по разнице в цвете и фундаментальному различию в действии по спектру. Он может быть переведен из более окисленного состояния в менее окисленное под действием подходящих восстановителей и восстанавливает свой кислород путем поглощения из воздуха”. Восстановителями, которые использовал Стоукс, были щелочные растворы сульфата железа или хлорида олова, содержащие некоторое количество лимонной или винной кислоты. Эти субсоли железа и олова очень быстро поглощают кислород из воздуха или из любого химического вещества, которое легко с ним расстается. Этими растворами Стоукс заменил ткани. Он извлек кислород из оксигемоглобина; затем, взбалтывая раствор восстановленного гемоглобина с воздухом, он воспроизвел действие, которое происходит в легких.

Если руку держать между спектро스코пом и источником света в таком положении, чтобы луч проходил через тонкую ткань двух пальцев, где они соприкасаются, получается спектр оксигемоглобина. Если теперь затруднить кровообращение через пальцы, наложив на них прочные прорезиненные повязки, кровь становится венозной, и две узкие полосы оксигемоглобина уступают место широкой полосе восстановленного гемоглобина.

Несмотря на высокую растворимость, гемоглобин может быть получен в виде кристаллов, форма которых варьируется у разных животных. При получении из крови человека кристаллы представляют собой ромбические призмы; из морской свинки - тетраэдры; из белки - шестиугольные пластины. И все же маловероятно, что гемоглобин одного животного отличается химически от гемоглобина другого в каком-либо собственном смысле этого термина. Вероятно, форма кристаллов зависит от количества кристаллизационной воды. Очевидный полиморфизм гемоглобина может быть связан с большим размером его молекул ([ср. стр. 66](#)).

Даже находясь в кристаллической форме, гемоглобин может поглощать кислород; но трудности, связанные с его очисткой и кристаллизацией, делают несколько неопределенным количество кислорода, которое может поглотить грамм кристаллизованного гемоглобина. В растворе 1 грамм может занимать 1·34 кубических сантиметра. Следовательно, если бы весь гемоглобин организма находился в окисленном состоянии, он содержал бы около 4 граммов кислорода.

Гемоглобин может соединяться не только с кислородом. Он может поглощать тот же объем оксида углерода или газообразного оксида азота. Оба этих газа он удерживает прочнее, чем кислород. Ни оксид углерода-гемоглобин, ни оксид азота-гемоглобин не приносят никакой пользы тканям. Если кровь насыщается парами окиси углерода (СО), выделяющимися при сжигании кокса, этот газ оказывается чрезвычайно ядовитым. Кровь не теряет его при циркуляции по организму и не обменивается на кислород в легких.

Нестабильность соединения гемоглобина и кислорода показана под воздушным насосом. Давление воздуха на открытом воздухе равно 760 миллиметрам ртутного столба. Когда давление падает примерно до 250 миллиметров, кислород быстро выделяется. Это вопрос, представляющий значительный интерес в его связи с вопросом о высоте, на которую возможно подняться человеку. Животное, помещенное в камеру, из которой откачивается воздух, умирает, когда давление падает до 250 миллиметров ртутного столба. Было установлено, что человек при тех же обстоятельствах может безнаказанно перенести уменьшение давления до 300 миллиметров. Насколько ниже должно упасть давление, прежде чем оно окажется фатальным? Из трех аэронавтов, поднявшихся на воздушном шаре в *Зенит* на высоту 8600 метров (28 500 футов), двое погибли. Третий, Тиссандье, потерял сознание, но пришел в себя во время спуска. Давление атмосферы на такой высоте составляет 260 миллиметров. Самые высокие горы, которых когда-либо достигали, - это 23 100 футов (Аконкагуа, в Южных Андах), которых достиг Фицджеральд, и 23 400 футов (Трисул, в Гималаях Гархвал), которых достигли доктор Лонгстафф и его спутники. Давление на этой высоте составляло 320 миллиметров. Из этих фактов ясно, что альпинисты почти достигли предела; но поскольку они еще не поднялись на высоту, на которой барометрическое давление составляет менее 300 миллиметров, вполне возможно, что чуть более высокие горы все еще ждут своего покорения. На высоте 23 000 футов содержание кислорода в артериальной крови не превышает 10 объемных процентов. ([ср. с. 190](#)). Следовательно, это примерно половина нормального количества. Отсюда одышка и

чувство слабости, испытываемые альпинистами. Наименьшее напряжение приводит к расходованию всего циркулирующего кислорода. Но поскольку последствия нехватки кислорода ощущаются на высотах гораздо меньших, чем те, на которые была сделана ссылка, ясно, что этот вопрос нельзя рассматривать просто как вопрос физики. Нервная система страдает, когда предпринимается попытка выполнять работу с недостаточным поступлением кислорода. Сильная головная боль и тошнота нападают на большинство людей задолго до достижения уровня, при котором соединение гемоглобина с кислородом становится невозможным. Возникновение этой “горной болезни” напоминает нам о том, что мы не должны считать само собой разумеющимся, что нервная система будет продолжать выполнять свою работу вплоть до высоты, на которой происходит диссоциация оксигемоглобина. Тем не менее, цифры показывают, что, кроме этих нервных симптомов, которые через некоторое время исчезают, никаких серьезных нарушений не происходит, даже если атмосферное давление лишь немного превышает абсолютный минимум, при котором гемоглобин соединяется с кислородом.

Способность крови быстро поглощать кислород в легких и легко отдавать его тканям легко и полностью объясняется свойством гемоглобина образовывать с этим газом нестабильное соединение.

Совершенно иначе обстоит дело с выделением углекислоты. Проблемы, связанные с растворением этого газа в крови и его выведением из легких, решить сложно. Менее одной десятой объема углекислоты, которая может быть извлечена из крови воздушным насосом, находится просто в растворе. Остальная часть находится в неплотном химическом сочетании, основными агентами по ее удержанию являются щелочные карбонаты, содержащиеся в плазме. При избытке углекислоты они образуют кислые карбонаты, которые выделяют углекислоту и снова становятся нормальными карбонатами в легких. Однако около трети углекислоты удерживается кровяными тельцами — частично благодаря содержащимся в них щелочным карбонатам и фосфатам, частично в сочетании с содержащимся в них глобулином. Сродство этих нескольких носителей к углекислоте достаточно для того, чтобы они могли забирать ее из лимфы и удерживать, пока кровь находится в венах. Когда они достигают капилляров легких, они освобождаются от своего груза углекислоты и попадают в воздух. Именно в связи с этим отказом еще предстоит объяснить определенные трудности. Углекислота выделяется с большей готовностью, чем можно было бы ожидать, зная химию соединений, в которые она попадает с кровью.

Почему кислород попадает в кровь, когда она циркулирует через легкие, а углекислота покидает ее? Мы говорили об огромной поверхности, которую легкие открывают для воздуха. Если мыльный пузырь наполнить смесью кислорода, азота и углекислоты, и если кислорода будет в меньшей пропорции, а углекислоты - в большей, чем в воздухе помещения, кислород попадет в пузырь, а углекислота выйдет из него путем диффузии. Если вместо наполнения пузырька газом мы наполним пузырь водой, насыщенной углекислотой, но лишенной растворенного кислорода, то произойдет аналогичный обмен с газами воздуха. Это всего лишь вопрос “газообразного напряжения”. Напряжение газов в легких измеряется путем пропускания небольшой трубки вниз по трахее и вдоль одного из двух главных бронхов до тех пор, пока она не окажется заблокированной в бронхе, достаточно большом, чтобы впустить ее. Дыхание осуществляется в нормальных условиях в остальной части легкого; но в доле, которую блокирует катетер, диффузия из неподвижного воздуха в приливный больше не допускается. В

то же время, поскольку кровообращение не нарушается, газы в крови закупоренной доли легкого не сильно отличаются в пропорциях от газов в воздушных камерах других частей. Если по истечении достаточного интервала отсасывается воздух из закупоренной доли и измеряются ее газы, их натяжение можно сравнить с натяжением газов в образцах артериальной и венозной крови. Если из 10 куб. см жидкости воздушным насосом можно удалить 1 куб.см газа, объем растворенного газа составляет 10% от объема жидкости, в которой он растворился. Обычно это пишется “10 объемных процентов”. Для экспериментального определения натяжения определенного газа в конкретной жидкости при растворении до 10 объемных процентов. при обычном атмосферном давлении и температуре тела необходимо было бы поместить его в открытый сосуд на воздухе, содержащем достаточную примесь газа, чтобы предотвратить его утечку из жидкости. Предположим, что было обнаружено, что при помещении жидкости, содержащей растворенный газ, в воздух, смешанный с тем же газом на одну десятую своего объема, жидкость не выделяет газа и не поглощает больше газа, натяжение газа было бы равно одной десятой атмосферы. Поскольку давление атмосферы равно 760 миллиметрам ртутного столба, плотность растворенного газа должна составлять 76 миллиметров. Если бы в воздух было добавлено больше газа, в жидкости растворилось бы больше; если бы часть газа была удалена из воздуха, газ вышел бы из жидкости. Газ переходит из среды, в которой его натяжение высокое, в среду, в которой его натяжение низкое. Содержание углекислоты в тканях, особенно в мышцах и железах, выше, чем в лимфе; в лимфе выше, чем в крови; в крови выше, чем в воздухе. Следовательно, он проходит эти несколько стадий от тканей, в которых он образуется, до воздуха в легких. Много изобретательности было вложено в совершенствование методов определения содержания углекислоты в лимфе и венозной крови. Часто были получены результаты, которые, казалось, противоречили доктрине о том, что углекислота переходит из одной среды в другую в соответствии с законом изменения давления; но такие ошеломляющие результаты, вероятно, были вызваны либо несовершенством метода, либо установлением ненормальных физиологических условий в ходе наблюдений. Когда, например, было обнаружено, что напряжение в лимфе было меньше, чем напряжение в крови, исследованный образец лимфы, вероятно, находился в другом состоянии, чем лимфа в тканевых пространствах, где происходит обмен. Экспериментатор в таком случае ошибся, предположив, что исследуемый им образец лимфы содержал столько же углекислоты, сколько лимфа в тканевых пространствах, из которых кровь, которую он сравнивал с ней, получала этот газ.

Мы уже приводили цифры состава воздуха в воздушных камерах легких. Цифры, обычно принятые в качестве правильных для определения процентного содержания нескольких газов в крови, следующие: при 0 ° C и давлении 760 миллиметров ртутного столба:

|                                 | Кислород. | Углекислый ангидрид. | Азот. |
|---------------------------------|-----------|----------------------|-------|
| В 100 об. из артериальной крови | 20        | 39                   | 1-2   |
| В 100 об. венозной крови        | 8-12      | 46                   | 1-2   |

В этой таблице показано увеличение содержания кислорода и потеря углекислоты в результате прохождения крови по капиллярам легких. Аэрированная кровь, возвращаемая к сердцу по

легочным венам, содержит от 8 до 12 объемных процентов. больше кислорода и около 7 объемных процентов. меньше углекислоты, чем в крови, которую легочная артерия доставляет в легкие.

Что касается физики этого обмена, то воздуха в полостях легких содержится примерно 16·36% кислорода и количество углекислоты, по разным оценкам, составляющее от 2·57% до 3·84%. Из 760 миллиметров ртутного столба, которые атмосфера удерживает в барометрической трубке, кислород в альвеолах легких поддерживается

$$\frac{760 \times 16 \cdot 36}{100} = 124 \cdot 33 \text{ мм};$$

содержание углекислоты при нижеприведенном значении (2·57%) составляет 19·5 мм.

Содержание газов в артериальной крови определяется путем открытия артерии в закрытом сосуде, который содержит азот, смешанный с кислородом и углекислотой, примерно при том напряжении, которое, по расчетам, они имеют в крови. Если количество этих газов точно соответствует норме, то никакого обмена между кровью и газовой смесью не происходит. Среднее значение многих наблюдений, сделанных таким образом различными физиологами, составляет для кислорода в крови давление 72 · 2 миллиметра ртутного столба, для углекислоты давление 20 · 5 миллиметров ртутного столба. С первого взгляда видно, что, поскольку содержание кислорода в крови никогда не превышает 72 миллиметров, тогда как его содержание в легочном воздухе никогда не опускается ниже 124 миллиметров, нетрудно объяснить его переход из воздуха в кровь. Несколько иначе обстоит дело с углекислотой. Аэрация продолжается в легких до тех пор, пока напряжение этого газа в крови, возвращающейся к сердцу, не превысит 20,5 миллиметров; тогда как напряжение в легочном воздухе, даже принимая самый низкий показатель, полученный экспериментальным путем, достигает 19,5 миллиметров. Это оставляет очень небольшой запас давления, чтобы объяснить утечку — и это, несомненно, быстрая утечка — углекислоты из крови, когда она циркулирует через легкие. Как было сказано относительно фиксации углекислоты в крови, несколько сомнительно, что проблема была полностью решена.

Выдыхаемая углекислота содержит весь углерод перевариваемой пищи, за исключением сравнительно небольшого количества, выделяемого в виде мочевины. Это составляет около 900 граммов в сутки.

Как мы можем определить количество воздуха, которое требуется человеку? Мы можем лишь сделать общее заявление о том, что должно быть достаточно разбавления выдыхаемой углекислоты до степени, исключающей отравление. Установить предел невозможно. Дыхание становится затрудненным, а лобная головная боль и другие симптомы дают о себе знать при употреблении 10% чистой углекислоты, смешанной с воздухом. Даже в такой большой пропорции, как эта, углекислота не смертельна для жизни. Однако атмосфера, в которой присутствует сотая часть этого количества углекислоты, вырабатываемой при дыхании, чрезвычайно вредна для здоровья в обычных условиях, в которых живут люди. Следовательно, можно утверждать, что при обычных условиях 0·1% это крайний предел для здорового образа жизни. Но опять же мы вынуждены добавить, что воздух, загрязненный до такой степени, не при

всех обстоятельствах вреден для здоровья. Исследователям, участвовавшим в недавней Антарктической экспедиции, иногда приходилось спать втроем в одном спальном мешке с плотно закрытым отверстием. Атмосфера, должно быть, была сильно насыщена углекислотой. Доктор Уилсон уверяет нас, что было невозможно поддерживать горящую трубку внутри мешка. Можно было бы предположить, что ни один человек в таком положении не пожелал бы добавлять продукты сгорания табака к тем, которые выделяются из легких! Выживание исследователей доказывает, что невозможно установить предел безопасности даже для углекислоты, содержащейся в воздухе, загрязненном при дыхании. Однако общеизвестно, что воздух, влажный и теплый благодаря дыханию и пропитанный человеческими запахами, чрезвычайно вреден для тех, кто в нем живет. Такая атмосфера является благоприятной средой для распространения микробов, будь то обычная простуда или более вирулентный тип. Одно время предполагалось, что летучие эманации, которые можно конденсировать вместе с водой, подвешивая сосуд со льдом к потолку переполненной комнаты, являются активно ядовитыми; но это утверждение не было подтверждено недавними исследованиями. Нет необходимости приводить какие-либо подобные доказательства в поддержку тезиса о том, что люди лучше развиваются на свежем воздухе, чем в загазованности. Замечательные результаты, достигнутые с помощью “лечения свежим воздухом”, показывают, что нет такой степени повреждения, которую можно было бы назвать безвредной. Тем не менее, общественное мнение требует, чтобы санитары приводили какие-то цифры в качестве ориентира. Обычно они устанавливают максимальное содержание углекислоты, совместимое со здоровьем, на уровне 0,06%. Количество углекислоты принимается за меру всех присутствующих примесей. Взрослый человек выдыхает около 0,6 кубических футов  $\text{CO}_2$  в час. В свежем воздухе уже содержится около 0,04%. Таким образом, чтобы этот процент не превышал 0,06%, на каждого взрослого человека должно подаваться 3000 кубических футов воздуха в час. При хорошей вентиляции воздух можно менять четыре раза в час, и поэтому 800 кубических футов считаются достаточным пространством для каждого обитателя помещения. Цифра может быть завышена. Это разумная основа для расчета вместимости общежития. Пока у человека в распоряжении 800 кубических футов воздуха, он может спокойно чувствовать, что у него есть место для растяжения легких. Размышление об этой цифре может вызвать у него чувство дискомфорта, когда он окажется в железнодорожном вагоне с пятью сиденьями с каждой стороны и закрытыми окнами. В театре или в церкви он может усомниться, есть ли у него весь тот свежий воздух, на который дает ему право его человечность. Но как философ, а не как физиолог, он размышляет о том, что, будь то на ледяной шапке Антарктики в спальном мешке или стоя на вершине Альп, он берет все, что может достать, поскольку свежий воздух - одна из немногих полезных вещей, которых человеку никогда не бывает достаточно.

**Тканевое дыхание.**—Лягушка проживет семнадцать часов в атмосфере азота. При таких обстоятельствах для него явно невозможно поглощать кислород, однако в течение нескольких часов он выделяет столько же углекислоты, сколько выделял бы, если бы жил на воздухе. Такое наблюдение, как это, доказывает, что окисление происходит не в легких, а глубже в организме. Одно время кровь рассматривалась как очаг окисления; предполагалось, что продукты, образующиеся при расщеплении белков в тканях, попадают в кровь, где они вступают в контакт с кислородом, переносимым гемоглобином. В крови, как и во всех других тканях, происходит определенное окисление, поскольку кровь - это живая ткань, которая нуждается в дыхании. Но окисление, происходящее в крови, невелико по сравнению с окислением в органах, через которые проходят сосуды. Мышцы и другие ткани, отделенные от тела и свободные от крови,

выделяют углекислоту. Можно вымыть кровь из сосудов лягушки и заменить ее раствором соли. В атмосфере кислорода такая “соленая лягушка” живет день или два, потребляя такое же количество кислорода и выделяя такое же количество углекислоты, как обычная лягушка. Кислород в основном всасывается через кожу, углекислота выводится из легких. Этот эксперимент показывает, что кровь не необходима для окисления. В солевом растворе, которым заменяется кровь, окисления не происходит. Собирая все доказательства вместе, кажется, можно с уверенностью заключить, что ткани поглощают кислород, который оксигемоглобин доставляет в их окрестности, и что они обладают некоторой способностью накапливать его. Кусок оторванной мышцы, выделяющий углекислоту в атмосфере азота, по-видимому, удерживает запас кислорода, подобно тому, как его удерживает гемоглобин. Доказательство не столь определено, как хотелось бы; но мы, вероятно, вправе придерживаться мнения, что основная часть дыхательного обмена происходит в тканях. Лимфа растворяет кислород, который она получает из крови. Ткани получают его из лимфы. Ткани выделяют углекислоту, которую растворяет лимфа. Поскольку ее содержание выше, чем в крови, углекислота диффундирует из лимфы через стенки капилляров в кровь, откуда она попадает в воздух в легких.

---

## ГЛАВА VIII ВЫДЕЛЕНИЕ

Многие вещества попадают в пищеварительный тракт. Если бы был проведен анализ дневной еды и питья, от чашки чая, выпитой после пробуждения, до какао или другого напитка, который рассматривается как необходимое предварительное средство перед отходом ко сну, было бы обнаружено, что в пищу было включено большое разнообразие веществ или они принимались в качестве добавок к пище. Все эти вещества, сильно различающиеся по химическому составу, должны покинуть организм. Некоторые из них не перевариваются. Они, собственно говоря, не входят в рацион. К ним относятся клетчатка овощей, особенно кожуры, шелуха, древесные волокна; эластичные волокна мяса; роговые вещества и т.д. Количество сильно варьируется в зависимости от характера рациона. В среднем около 2 унций (взвешенных в сухом виде). К этим неперевариваемым отходам относятся непереваренная пища, если рацион чрезмерный, и различные вещества, выделяемые печенью, такие как холестерин и пигмент желчи, некоторые остатки выделений из пищеварительного тракта и продукты бактериального брожения. Вся пища, которая переваривается и всасывается, окисляется. Она покидает организм через легкие, почки или кожу. Продукты, как уже говорилось, подразделяются на белки, углеводы и жиры. Основными выделениями являются углекислота, вода и мочевины. Углекислота выводится из легких; вода - из легких, почек и кожи; мочевины - из почек. Три основные группы пищевых продуктов и три основные группы выделений превосходят по количеству все другие вещества, которые проходят через организм. Баланс, в котором белки, углеводы и жиры фигурируют на одной стороне, а углекислота, вода и мочевины - на другой, по существу верен. Энергия, высвобождаемая при сжигании в калориметре элементов, введенных в дебетовую часть, после вычета энергии, полученной при сжигании мочевины (углекислота и вода не



способны к дальнейшему окислению), дает дневной доход. Другие составляющие рациона настолько малы по количеству, что ими пренебрегают при составлении отчетов организма. Химические изменения, которым они подвергаются, практически ничего не добавляют к его работоспособности. Тем не менее, некоторые из них необходимы для поддержания здоровья. К ним относятся обычная соль (хлористый натрий), щелочные и землистые карбонаты, сера, фосфор и т.д. Эти вещества, вместе с некоторыми продуктами действия бактерий в пищеварительном тракте, конечной стадией гемоглобина, неполностью окисленными азотистыми веществами и другими растворимыми веществами, которые поступают с пищей или образуются из нее, удаляются почками. Мы говорим об устранении продуктов жизнедеятельности, как об экскреции. Не то чтобы между экскрецией и секрецией было какое-либо физиологическое различие. Оба термина относятся к отбору или производству и выделению веществ клетками. Если выделяемый продукт выполняет полезную функцию — например, является пищеварительной закваской, — говорят, что он выделяется. Если он больше не приносит пользы экономике, мы говорим, что он выведен из организма. В некоторых случаях оба термина одинаково уместны. Кожное сало, вырабатываемое сальными железами, полезно в качестве смазки кожи. Оно удаляется. Мы можем говорить о железах либо как о секреторирующих, либо как о выделяющих это жировое вещество.

**Почки.**—Все животные, начиная с червей, обладают органами для удаления отходов жизнедеятельности в растворе. Это утверждение действительно можно было бы расширить, включив в него животных даже более низкого уровня, чем черви. Все животные, у которых есть клеточная полость — пространство между пищеварительным каналом и стенкой тела, — имеют органы для удаления растворимых отходов жизнедеятельности. Сегментарные органы червей, очевидно, являются теми же органами, что и почки млекопитающих; последние отличаются от своих прототипов большей концентрацией структуры и специализацией функций. Почка — древнейший из органов, если оценивать ее древность как период времени, в течение которого она имела форму, практически идентичную той, которую представляет сейчас. Легкие появились сравнительно поздно в масштабе животного мира. Пищеварительный тракт, сердце, мозг претерпели множество трансформаций. Почка приобрела свою постоянную форму очень давно в истории животного мира. Самое примитивное животное, имеющее пищеварительную полость и сосуды, по которым циркулируют продукты пищеварения, нуждается в органе, обеспечивающем выведение из жидкостей организма всех вредных или истощенных веществ.

Почка представляет собой совокупность длинных мочевых канальцев. Головка каждого канальца расширена в шаровидную капсулу, от которой зависит пучок кровеносных сосудов. Это раковина, в которую стекают сточные воды крови. Длинные мочевые канальцы выстланы клетками, хорошо приспособленными по форме и строению для поиска крови в граничащих с ними капиллярах в поисках веществ, которые, поскольку они нелегко диффундируют, приходится вытягивать из них силой и добавлять в воду, стекающую по трубе, соединяющей напор дождевой воды с канализацией. Гидростатические условия этого аппарата — обеспечение большего или меньшего потока крови через пучки (клубочки), которые находятся в капсулах, и более длительное или более короткое воздействие на кровь очищающей активности эпителия почечных канальцев — будут описаны после того, как будет дан очень краткий отчет о структуре органа.

Внешняя граница почки выпуклая, внутренняя — вогнутая. Вогнутость называется “хилусом”. Центральное углубление хилуса охватывается расширенным концом мочеточника — трубки, по

которой почечный секрет поступает в мочевой пузырь. Почечная артерия и почечные нервы входят в почку, а почечная вена выходит из почки у основания.

Если почку разделить продольно, можно заметить, что ее внешняя часть, кора, темнее по цвету, чем ее внутренняя часть, мозговое вещество (рис. 9). Уже упомянутые клубочки находятся в корковом веществе. Продолговатый мозг занят расходящимися канальцами, собранными в группы. Канальцы каждой группы сходятся к общему протоку. От двенадцати до восемнадцати протоков открываются в расширенный конец мочеточника, каждый на вершине пирамиды. Если осмотреть срез почки с помощью линзы, то будет видно, что узкие лучи из продолговатого мозга проникают в кору головного мозга. Таким образом, кора состоит из переплетающихся пирамид из темного вещества, состоящего из клубочков и искривленных канальцев, которые будут описаны ниже, и из более светлого вещества, состоящего из прямых канальцев, непрерывных с канальцами продолговатого мозга.

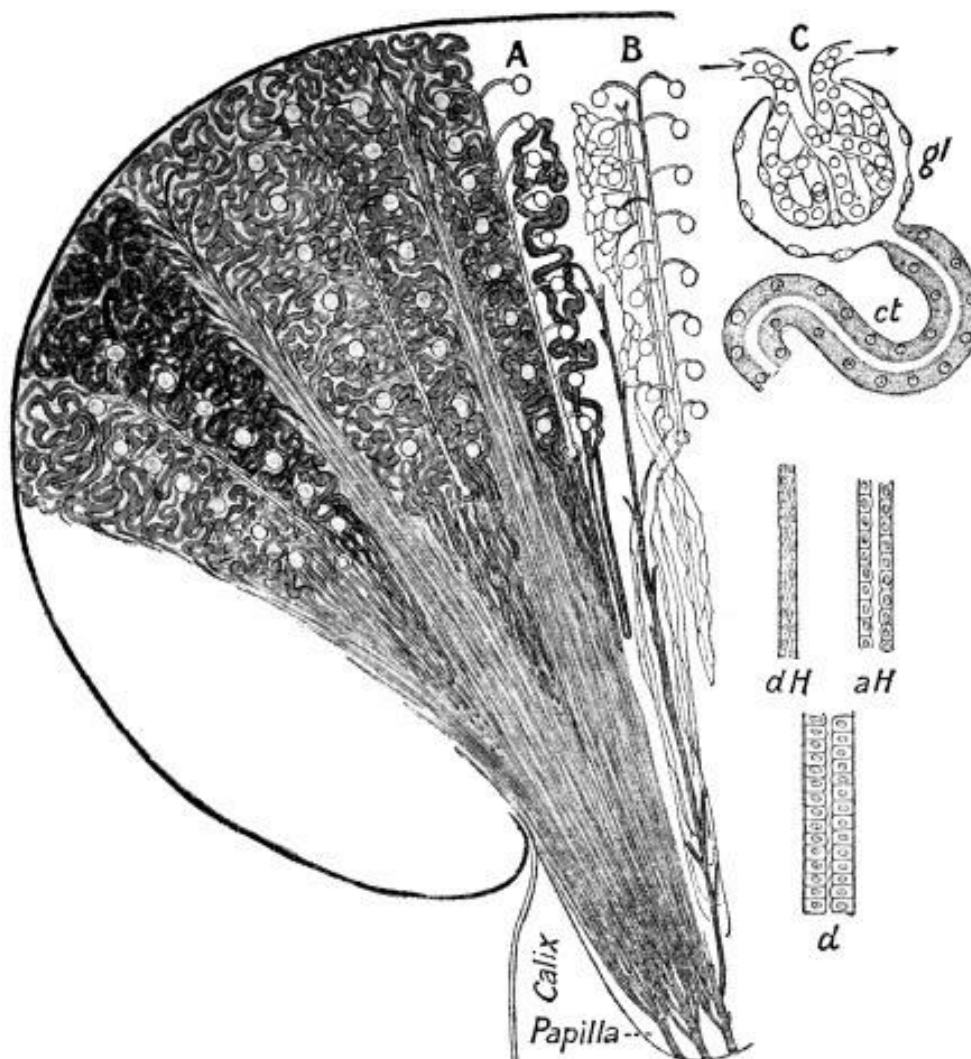


Рис. 9. Верхний конец левой почки, разделенный по вертикали и увеличенный.

Он заключен в капсулу, с которой у основания сливается расширенный конец мочеточника. Показана часть сосочка (конец пирамиды), выступающая в одну из чашечек, в которые расширяются мочеточником. Периферическая часть почки, содержащая клубочки и

искривленные трубки, называется ее корой, центральная часть - мозговым веществом. На рисунке А показан единственный мочевой канальец. Начинаясь у третьего клубочка, она извивается в корковом веществе, спускается в продолговатый мозг, поворачивает в петлю Генле, снова извивается в корковом веществе и заканчивается собирательной трубкой, которая соединяется с протоком. Расположение кровеносных сосудов показано на рисунке В. Прямая артерия и прямая вена лежат рядом. Артерия дает ответвления к клубочкам. Вены, отходящие от клубочков, снова делятся на капилляры, которые питают искривленные трубки и петли Генле. Протоки снабжаются длинными артериальными капиллярами. С показана структура (увеличенная) клубочкового пучка капиллярных сосудов, окруженного капсулой, которая смыкается в искривленную трубку, *ct*; *dH*, нисходящий отросток; *aH*, восходящий отросток петли Генле; *d*, проток.

Мочевые канальцы - это отдельные части аппарата, из которых состоит почка. Следовательно, проблемы, связанные с одним канальцем, являются проблемами почки в целом. Все эти структуры абсолютно одинаковы. Описание любой из них применимо ко всем. Каждая из них начинается как капсула, содержащая клубочек. Стенка луковицы— представляющая собой всего лишь тонкую базальную мембрану, покрытую эпителиальными чешуйками, образована пучком кровеносных сосудов. Сосуды не проникают в его капсулу. Между мозаичным эпителием, покрывающим пучок, и аналогичным эпителием, выстилающим капсулу, имеется пространство, сообщающееся узким отверстием со следующей частью канальца, называемое его “искривленной” частью, потому что оно перекручено подобно спутанной нити в корковом веществе почки. Искривленный канальец имеет относительно крупный калибр. Клетки, которые выстилают его, неправильной формы и нечетких очертаний. Базальная половина каждой клетки, между ее ядром и базальной мембраной, имеет вертикальную бороздку, или, как ее обычно называют, “стержневую”. Такое расположение протоплазмы клетки обычно связано с привычкой поглощать жидкость. В данном случае это, по-видимому, указывает на то, что клетки забирают воду и различные вещества, растворенные в воде, со стороны базальной мембраны. Через некоторое время искривленная часть канальца, хотя и остается извилистой, становится более прямой — “спиральная часть” - и принимает радиальное направление. В зоне между корой и продолговатым мозгом спиральная часть сужается в чрезвычайно тонкий канальец, который, пройдя некоторое расстояние в направлении холки, снова поворачивает обратно к коре, образуя петлю, известную как “петля Генле”. Восходящая ветвь этой петли имеет больший калибр, чем нисходящая ветвь. Нисходящий отросток выстлан уплощенным эпителием, каждая клетка которого настолько тонкая, что (на микроскопических срезах, как обычно готовят) ее ядро выступает в просвет трубки. Клетки восходящей ветви имеют форму, близкую к кубической. По достижении коры головного мозга канальцы снова искривляются. Вторая искривленная часть сужается в “собирающую часть”, которая присоединяется к протоку. Протоки соединяются вместе, пока, наконец, не образуется единый проток, который открывается на вершине пирамиды. Клетки протоков имеют кубическую или столбчатую форму. Их клеточное вещество прозрачное, тогда как клеточное вещество, выстилающее другие части канальцев, на вид мутное.

Такой канальец, рассматриваемый как гидростатический механизм, состоит из трех частей, очевидно, приспособленных для различных функций: (1) Клубочек - это аппарат, который обеспечивает быстрое выделение воды из крови. (2) Искривленные участки канальца создают видимость секретизирующего механизма. Крупные мягкие, мутные клетки, которые их выстилают, в высшей степени приспособлены для того, чтобы забирать из крови или, скорее, из лимфы,

которая заполняет тканевые пространства между стенками капиллярных кровеносных сосудов и канальцев различные вещества, которые они выделяют. (3) Петля Генле - замечательное устройство, назначение которого было предметом больших споров. Рассматривая его с точки зрения гидростатики, кажется безопасным заключить из его чрезвычайно узкого отверстия, что он повышает давление жидкости в клубочке и первой искривленной части; но он может выполнять и другие функции.

Рассмотрение расположения кровеносных сосудов почки подтверждает вывод о том, что секреторный аппарат делится по меньшей мере на две отдельные части, возможно, на три. Клубочки снабжаются короткими и относительно широкими артериолами. Каждая артериола распадается, как только входит в капсулу, на множество капиллярных сосудов, которые таким же резким образом воссоединяются, образуя венулу. Покидая капсулу, эта маленькая вена ведет себя так, что единственную параллель можно найти в портальной системе печени. Вместо того чтобы соединяться с более крупной веной, она снова распадается на капиллярные сосуды, которые питают искривленные канальцы и петли Генле. Мозговое вещество почки снабжается длинными артериальными капиллярами обычного типа. Короткие артериолы клубочков контролируются нервами, которые, сужая их или позволяя им расширяться — возможно, активно вызывая их расширение, — быстро уменьшают или увеличивают количество крови, проходящей через пучки капиллярных сосудов. Таким образом, здесь представлен механизм, с помощью которого клубочки могут внезапно наполняться кровью — состояние, благоприятное для экссудации в мочевые канальцы. Расположение второго ряда капилляров предотвращает это внезапное прилив крови от чрезмерного снижения давления в сосудистой системе в целом. В почечно-портальных капиллярах почки кровяное давление довольно постоянное и, предположительно, низкое. Использование термина “почечно-портальный” оправдано не только на том основании, что сосуды почки ведут себя аналогично сосудам портальной системы печени, но и в силу того очень важного факта, что у рыб и амфибий почка фактически имеет двойное кровоснабжение. У такого животного, как лягушка, клубочки снабжаются артериальной, а канальцы - венозной кровью. Клубочки получают ответвления от почечной артерии, канальцы от портальной системы отходят от вен брюшной полости и задних конечностей.

Сэр Уильям Боумен, который в 1842 году дал первое подробное описание микроскопического строения почек, пришел к выводу, что, в то время как “трубки и их сплетение капилляров, вероятно, являются частями, участвующими в выделении той части мочи, которой обусловлены ее характерные свойства (мочевина, литиевая кислота и т.д.), мальпигиевы тельца [т.е. клубочки] могут быть аппаратом, предназначенным для отделения от крови водянистой части”.

Все физиологи единодушны в отношении клубочков как основного очага экссудации. Существуют большие различия во взглядах на функцию канальцев. В 1844 году Людвиг выдвинул мнение, что все составляющие мочи проходят через клубочки в большом избытке воды и что по ходу канальцев этот избыток воды реабсорбируется. Эта теория была основана, среди прочих соображений, на чрезвычайной тонкости эпителия, покрывающего клубочковые пучки; он рассудил, что вода будет просачиваться через него очень легко. Большой объем экспериментальной работы был направлен на решение этих двух проблем, а именно: (1) Проходят ли мочевины и другие подобные вещества через клубочки? (2) Возвращается ли вода из канальцев в венозную систему? Ответы, которые в конечном итоге могут быть даны на эти

вопросы, не окажут большого влияния на наши взгляды относительно функций почек в целом; тем не менее, их обсуждение представляет очень большой интерес из-за характера доказательств, которые могут быть представлены обеими сторонами.

Пожалуй, нет в организме другого органа, проблемы в отношении которого кажутся столь простыми вопросами гидростатики. Легко смастерить модель мочевого канальца и его кровоснабжения. Если бы такую модель показали инженеру-санитару и попросили объяснить работу дренажной системы организма, и особенно ответить на два поставленных нами вопроса, он бы сказал, что не может быть никаких сомнений относительно той ее части, через которую большая часть воды поступает в трубку, - клубочка. Он не мог высказать никакого мнения относительно того, ли мочевины, мочевого кислоты и другие вещества подобной природы содержатся в воде, пока не провел эксперимент по отделению крови от воды, содержащей неорганические соли мочи, с помощью проницаемой мембраны — кровь находилась под таким давлением, какое, по словам физиолога, он мог ожидать в почечных артериолах, а вода - под таким давлением, какое он мог ожидать в верхнем конце мочевого канальца. Он обнаружил бы, что мочевина и в еще большей степени мочевая кислота очень неохотно проходят через мембрану. И снова, когда его спрашивали, выйдет ли вода, в которой растворены мочевина и другие вещества, из канальца — скажем, из петли Генле — обратно в кровь, он повторял свой эксперимент с мембраной. На этот раз он допустил бы, чтобы давление мочи и крови было одинаковым (или, возможно, установил бы более высокое давление для первого), и он разбавил бы мочу, чтобы условия соответствовали тем, которые, как предполагал Людвиг, существовали; но его эксперимент доказал бы ему, что, если бы моча не была действительно очень разбавленной, вода все равно имела бы тенденцию поступать в нее из крови, а не *наоборот*. И здесь можно отметить, что результаты этих экспериментов могли быть предсказаны с помощью расчетов. Когда Людвиг выдвинул свою теорию, осмос был загадочным явлением. С тех пор его законы были точно установлены. Учитывая молекулярные массы тел в растворе и степень их концентрации, можно предсказать направление, в котором они будут проходить через мембрану. Можно рассчитать силу, с которой вода будет стремиться переходить из одного раствора в другой. Выделяемая моча содержит гораздо больше мочевины, хлористой натриевой кислоты и других солей, чем кровь. Ее концентрация намного выше. Концентрация в крови составляет 0.55; в моче - 1.85. Вода переходит из менее концентрированного раствора в более концентрированный, а не *наоборот*. Как решение задачи гидростатики гипотеза Людвига несостоятельна.

**Осмос.** Клетки всех видов, как растительных, так и животных, ограничены или окружены слоем клеточного вещества, которое более прочно, чем вещество внутри клетки, и, вероятно, отличается по строению от него. Этот внешний слой представляет собой живую мембрану. Питание и рост клетки зависят от способности ее ограничивающей мембраны регулировать поступление и выход воды и растворенных в воде веществ. Явления осмоса, то есть прохождения воды и растворов через мембраны, имеют такое большое значение для жизнедеятельности тканей, что, возможно, будет допустимо сделать дальнейшее отступление с целью их описания (ср. стр. 40, 128). Очень простого прибора будет достаточно, чтобы продемонстрировать явление, которое даст представление о значении осмоса. Если верхнюю часть стеклянной воронки, покрытую куском пузырька, прикрепленного к ее краю так, чтобы сделать ее водонепроницаемой, зафиксировать в перевернутом положении в стеклянном сосуде, стеклянный сосуд наполнить водой, а воронку до того же уровня заполнить раствором сахара, вскоре станет очевидно, что вода проходит через мембрану в воронку. Уровень

сахарного раствора в трубке воронки будет повышаться. Если вместо воды снаружи воронки и раствора сахара внутри нее поместить в воронку крепкий раствор сахара, а снаружи - более слабый раствор, вода уйдет из более слабого раствора в более сильный раствор, а сахар - из более крепкого раствора в более слабый. Если время от времени удалять часть раствора из воронки, чтобы поддерживать давление в ней на том же уровне, что и снаружи, вода будет продолжать поступать через мембрану, а сахар покидать содержимое воронки до тех пор, пока концентрация сахара не станет одинаковой с обеих сторон. В этом случае жидкости будут иметь идентичный состав и, следовательно, изосмотичны. При дальнейшем рассмотрении явления осмоса необходимо проводить различие между проницаемыми и полупроницаемыми мембранами. Предположим в первом случае, что используется проницаемая мембрана. Пусть она будет расположена таким образом, чтобы разделять два водных раствора разного состава, но с одинаковым осмотическим давлением. Под одинаковым осмотическим давлением подразумевается, что они имеют одинаковую молекулярную концентрацию. Жидкость А содержит определенные соли в растворе; но жидкость В может содержать те же соли в совершенно разных пропорциях. Однако случается так, что соли настолько сбалансированы, что общее натяжение солей в А равно общему натяжению солей в В. Сначала может наблюдаться некоторое изменение уровня в двух жидкостях из-за различий в скоростях диффузии через мембрану различных солей, которые они содержат; но через некоторое время уровни двух жидкостей будут одинаковыми. С внешней точки зрения ничего не произойдет. Тем не менее, если эксперимент продолжался в течение достаточного периода времени, то будет обнаружено, что в составе двух жидкостей произошли большие изменения. Вначале, хотя их общее напряжение было равным, пропорции, в которых различные соли были распределены в А, и, следовательно, их частичные напряжения, сильно отличались от их пропорций и частичных напряжений в В. В конце эксперимента каждую из нескольких солей поровну распределяют между А и В, предполагая, что объем А равен объему В. Этот эксперимент показывает, что молекулы веществ в растворе могут свободно перемещаться. Они ведут себя как газы. Газы диффундируют через мембрану до тех пор, пока их частичное натяжение не станет одинаковым в двух пространствах, разделяемых мембраной. Эфир, в котором физики представляют газы растворенными, не оказывает сопротивления миграции их молекул; точно так же растворитель — например, вода — не препятствует движению распределенных в нем солей.

Еще одной иллюстрацией явлений осмоса будет достаточно, чтобы дать представление о законах, по которым они управляются. В только что приведенном случае мембрана была проницаемой для всех солей в растворе. Когда впервые были исследованы явления осмоса, было проведено различие между веществами, которые могут проходить через мембраны - кристаллоидами, - и веществами, которые не могут проходить — коллоидами. У нас уже была возможность отметить, что, в то время как альбумин представляет собой коллоид, который не диффундирует, его гидрат, пептон, является кристаллоидом, который диффундирует. Термин “кристаллоид” указывает на то, что вещества, которые могут кристаллизоваться, являются диффузионными. Следовательно, диффузионные вещества родственны тем, которые кристаллизуются. Природа мембраны, используемой для проверки диффузионности, сначала не принималась во внимание. Теперь проводится различие между мембранами, которые проницаемы для всех диффундирующих веществ, и мембранами, которые проницаемы для растворителя, но непроницаемы для веществ, которые он растворяет. Последние называются “полупроницаемыми”. Теперь представьте, что вода отделена от раствора сахара мембраной,

которая задерживает сахар, но проницаема для воды. Вода будет проходить через мембрану в раствор сахара. Уровень раствора повысится. Потребуется давление, и очень значительное, чтобы предотвратить его повышение - то есть предотвратить эндосмос. Сила, необходимая для противодействия осмосу, прямо пропорциональна степени концентрации раствора. Если раствор содержит 1% для сахара требуется давление 500 миллиметров ртутного столба; если его содержание составляет 2 процента, необходимо давление 1000 миллиметров; если 6 процентов, то 3000 миллиметров.

В следующем эксперименте разделите два раствора, А и В, полупроницаемой мембраной. Пусть А содержит только одну соль—Х; пусть В содержит несколько солей— Х, Y, Z. Вода будет переходить из А в В или *наоборот*, если только осмотическое давление солей, содержащихся в растворах, не будет одинаковым. Осмотическое давление будет таким же, если общее количество молекул, растворенных в А, равно общему количеству молекул, растворенных в В. Если в А содержится N молекул Х (на единицу объема), а в В - nX, n'Y, n''Z, то осмотическое давление будет одинаковым при условии, что  $n + n' + n'' = N$ . Это, как будет видно, сильно отличается от равенства процентного состава. Некоторые молекулы легкие, другие тяжелые. Процентный вес X + Y + Z в В может сильно отличаться от процентного веса X в А. Чтобы оценить осмотическое давление смешанного раствора, недостаточно сложить процентные соотношения различных солей, которые он содержит. “Концентрация” в том смысле, в каком она использовалась в отношении крови и мочи, относится к количеству молекул растворенных веществ в данном объеме, а не к их весу.

Было бы нежелательно пытаться в этом месте углубляться в теорию осмоса. Было сказано достаточно, чтобы подсказать читателю, что он должен, пытаясь применить ее законы к объяснению физиологических явлений, иметь в виду следующие факты: некоторые мембраны проницаемы для воды и кристаллоидов, которые она растворяет; другие, хотя и проницаемы для воды, непроницаемы для веществ в растворе. Некоторые вещества способны диффундировать через проницаемые мембраны; другие - нет. Осмос воды происходит из раствора с более низкой концентрацией в раствор с более высокой. Диффузия кристаллоидов - это их выход, благодаря их собственным молекулярным движениям, из ситуации, в которой они более плотные, в ситуацию, в которой они менее плотные. Следует добавить, однако, что различные обстоятельства препятствуют сведению законов осмоса к простым терминам — тенденция солей диссоциировать в растворе, их основания и кислоты, действующие как независимые “ионы”, являются примером сложностей, которые приводят к очевидным отклонениям от этих законов. Далее следует добавить, и с подчеркиванием, что, как бы ни было важно, чтобы любой, кто пытается объяснить обмен веществ, происходящий между различными жидкостями организма, был знаком с законами осмоса, их строгое применение практически невозможно, а в некоторых случаях и вводит в заблуждение. Живые и отмершие мембраны не обязательно контролируют диффузию одинаковым образом. Еще в меньшей степени законы, управляющие диффузией через отмершие мембраны, применимы безоговорочно к живым клеткам.

Вернемся к инженеру-сантехнику, мнение которого мы спросили относительно режима работы дренажной системы почки. Вероятно, он будет отрицать, что проблемы относятся к его компетенции. “Они не физические, а жизненно важные”, - говорил он. “Я ничего не знаю о жизнедеятельности клеток, выстилающих каналы”. Против формы выражения могут быть выдвинуты возражения, хотя он был полностью оправдан, отказавшись от дальнейшего обсуждения этого вопроса. Он недостаточно знает о внутренней структуре клетки, чтобы быть в

состоянии предсказать явления осмоса, которые будут происходить внутри нее. Никто не может сказать, какой способностью могут обладать живые клетки забирать вещества из крови, возвращать одни из них обратно и выводить другие. Эта неизвестная способность приводит к результатам, которые, когда они кажутся не соответствующими законам физики, обычно называются “жизненно важными”. Этот термин является камнем преткновения, сбившим с толку поколения физиологов. Выражения “жизнедеятельность” и “физические явления” использовались так, как если бы они были противоположны, тогда как все жизнедеятельность - это физические явления. “Жизненно важный” в этом смысле означает “пока неизвестный”. Тем не менее, по правде говоря, существует множество оправданий для использования термина, который охватывает невежество, при условии, что его коннотация не расширяется до тех пор, пока он не приобретет позитивный, антифизический смысл. “Физический” и “витальный” - это выражения, которые указывают на контраст, постоянно присутствующий в сознании физиолога. Он прекрасно знает, что прохождение воды и солей через мембрану, а также их поступление в живую клетку и из нее - это в равной степени явления осмоса. Но первый процесс он может проверить и измерить в своей лаборатории; второй он может лишь наблюдать в полной темноте в живом теле. Он не может создать модель живой клетки. В случае со слюнной железой, как мы уже видели, живые клетки забирают воду из лимфы и выделяют ее в виде слюны, явно противодействуя осмотической силе. Они меняют направление потока, который произошел бы, если бы лимфа и слюна были разделены мембраной. Но клетка - это не мембрана. Это чрезвычайно сложная структура со своей собственной продуманной архитектурой. С таким же успехом мы могли бы сравнить распределение воды с помощью водовоза Совета графства и ее прохождение через пивоварню. Согласно всем законам гидростатики, вода, поступающая в пивоварню, должна выходить из нее через канализацию. Ее выход в бочках на тележках антифизичен. Когда физиолог сможет исследовать живую клетку, он обнаружит, что всасывание и выдавливание воды, выделение, удержание и выделение солей - явления столь же строго физические, как и их прохождение через диализатор в его лаборатории. Тем временем он может лишь созерцать клетку с определенной долей благоговения. Его лучшая разработанная модель мочевого канальца может ввести его в заблуждение по той простой причине, что он не может выстелить ее живыми клетками. Живая клетка обладает силой, которая переворачивает все расчеты, фальсифицирует все экспериментальные данные. Ее протоплазма может изолировать и вывести из строя любое из поступающих в нее веществ. Если наблюдения в конечном итоге докажут нам, что вода переходит из мочевых канальцев в кровь “под действием осмотической силы”, мы будем вынуждены объяснить это антифизическое явление действием живых клеток. Мы будем говорить, что клетки забирают жидкость из мочевых канальцев, фиксируют ее мочевины и другие соли в своей протоплазме, выводят воду в венозную кровь, возвращают мочевины и другие соли в мочу. Учитывая это свойство протоплазмы, такой процесс протекает строго в соответствии с физическими законами.

Достаточно было сказано относительно теории или отсутствия теории о действии почек. Обращаясь теперь к вопросам наблюдения, можно легко показать, что эпителий канальцев обладает способностью выделять с мочой очень сложные вещества, которые с трудом диффундируют. Если вещество, растворимое в крови, но нерастворимое в моче, например, щелочная соль индиго, ввести в сосудистую систему, оно быстро выводится почками. Индиго выпадает в осадок еще до того, как вступает в контакт с кислой мочой. Если животное было убито через короткое время после введения индиго, искривленные участки его канальцев и восходящие ветви петель Генле окрашиваются в ярко-синий цвет. Для аналогичного



эксперимента можно использовать аммиачный раствор кармина; но результаты не так резко ограничены крупноклеточными участками канальцев. Даже клубочек окрашен в красный цвет, и этот факт был истолкован как показывающий, что, хотя большая часть кармина выделяется в канальцы, часть его вместе с водой, которая выделяется из крови через клубочковые пучки.

Практическое сходство строения почек у птиц, рептилий и млекопитающих, по-видимому, имеет важное значение для этого спора. Мочевые выделения птиц состоят почти исключительно из мочевой кислоты. Как видно под микроскопом, это полутвердый белый осадок, состоящий из кристаллов, при условии, что не было предпринято никаких специальных мер предосторожности для получения его в свежем виде. Вода, пигмент и соли, которые являются необходимыми элементами выделения млекопитающих, практически отсутствуют. Однако почка птицы имеет такое же расположение клубочков и канальцев, что и почка млекопитающего, хотя клубочки относительно меньше. Мочевая кислота диффундирует с большим трудом. Если он, так сказать, промывается через клубочки, а вода, в которой он растворился, реабсорбируется канальцами, через почку должно пройти огромное количество воды, чтобы она могла переносить мочевую кислоту своим потоком. Если мочевая кислота выводится эпителием канальцев, трудно объяснить наличие клубочков, поскольку вода не покидает почки. Кристаллы мочевой кислоты можно увидеть на срезе почки, причем не только в клетках канальцев, но и в клубочках; но вполне может быть, что в обеих ситуациях кристаллизация была вызвана во время подготовки среза. Рассмотрение образования внутри ее сети протоплазмы и выдавливания из нее остроугольных кристаллов противоречит концепции гистолога о строении секреторной клетки. На самом деле, мочевая кислота выделяется птицами не в кристаллической форме, а в виде квадриуратов -т.е. солей, содержащих лишь четвертую часть "нормального" количества оснований; кристаллических сфер или аморфных отложений, а не угловатых кристаллов. Эти квадриураты очень быстро разлагаются, освобождая кристаллы мочевой кислоты. Следует признать, что каким бы способом ни пытались объяснить выделение мочевой кислоты птицами, сходство строения их почек и почек млекопитающих трудно согласовать с большой разницей в консистенции и химическом составе экскрементов.

Размышляя обо всех свидетельствах, касающихся механизма работы почек млекопитающих, большинство физиологов приходят к следующим выводам: Наибольший отток воды происходит в клубочках. Вода содержит соли, в том числе небольшое количество мочевины. Искривленные и спиралевидные участки канальцев и восходящие ветви петель Генле добавляют в мочу остаток мочевины вместе с различными телами, которые еще менее легко диффундируют.

Возможно, что основная функция петель Генле заключается в противодействии сопротивлению прохождению жидкостей, таким образом, направляя секрецию и способствуя осмосу воды в нее из крови клубочковых капилляров. Возможно, что на калибр тонких нисходящих конечностей влияет внешнее давление, их частичная окклюзия увеличивается, а давление в них повышается, когда орган очень активен и его промежуточная зона наполняется кровью.

Различные лекарственные препараты влияют на секрецию почек. В некоторых случаях их действие, по-видимому, в основном гидростатическое. Они изменяют скорость кровотока, изменяя кровяное давление. Наперстянка увеличивает силу сердечбиения. Сердце бьется сильнее, повышается кровяное давление. Повышение кровяного давления сопровождается более обильным выделением секрета. Это действие наперстянки гораздо более заметно, когда

сердце не в порядке, чем когда оно здоровое. При заболеваниях сердца кровяное давление чрезмерно низкое, и, как следствие, ткани переувлажняются. Когда кровяное давление восстанавливается и налаживается более интенсивное капиллярное кровообращение, вода и продукты жизнедеятельности, скопившиеся в лимфе, проходят, как им и положено, в вены. Попадая в общий кровоток, они изливаются из почек.

Немного трудно осознать обилие жидкостей в организме. От четверти до трети всего веса тела приходится на лимфу, если использовать этот термин в самом общем смысле. Продукты жизнедеятельности тканей скапливаются в лимфе. Кровь, циркулирующая по капиллярным сосудам, которые пересекают лимфатические пространства, забирает воду и продукты жизнедеятельности. Его правильный состав поддерживается за счет элиминирующей активности почек.

Даже в мочегонном действии наперстянки мы видим признаки чего-то большего, чем изменение гидростатики кровоснабжения почек. Ускоренная циркуляция переносит отходы жизнедеятельности в печень; печень преобразует азотистые отходы в мочевины; мочевина стимулирует почечный эпителий. Было бы ошибкой придавать слишком большое значение прямому влиянию препарата на кровяное давление в почках. Другие иллюстрации отодвигают простую гидростатику проблемы на второй план. Адреналин (экстракт надпочечниковой капсулы) вызывает сильное сокращение мелких артерий, что значительно повышает общее кровяное давление; но повышение кровяного давления не сопровождается диурезом, потому что артериолы клубочков участвуют в общем сужении в полной мере, возможно, в непропорциональной степени. При мигрени и некоторых других заболеваниях часто бывает, что кровяное давление в аорте чрезмерно высокое, но в почечные канальцы поступает очень мало жидкости. Если ввести “солевое мочегонное средство”, нитрат калия, ацетат натрия или какой-либо другой препарат того же рода, то устанавливается обильное кровообращение, снижается кровяное давление, исчезают беспокоящие симптомы. С другой стороны, некоторые мочегонные средства, такие как “селитряный спирт”, чай, джин и т.д., могут вызывать приток крови, несомненно изменяя, которые они производят в гидростатике кровообращения. Мочегонное действие этих различных препаратов явно обусловлено увеличением проницаемости почечного эпителия. И из всех стимуляторов секреции мочевины, природный стимулятор, является наиболее эффективной. Если почку удалить из организма, ввести канюлю в ее артерию и заставить дефибрированную кровь циркулировать под давлением по органу, вода может капать, а может и не капать из мочеточника. При добавлении мочевины в кровь происходит обильное выделение. При объяснении механизма работы почек, как, впрочем, и при объяснении работы любого другого органа тела, механические аспекты проблемы должны оставаться на заднем плане. Когда мы обдумываем план строения почки, гидростатика кровообращения привлекает внимание; но изменения в гидростатических условиях не являются исходной причиной большего или меньшего оттока мочи. Химическое состояние крови, циркулирующей через почки, является начальной причиной. Когда присутствие в нем мочевины требует более обильного потока, гидростатические условия приспособляются к этой потребности. В только что приведенном случае с изолированной почкой можно было бы предположить, что выделение мочевины является механическим эффектом. Клетки искривленных участков мочевых канальцев удаляют мочевины из крови. Они выделяют его в канальцы. Раствор мочевины, направляясь вверх к клубочкам, из-за сопротивления, оказываемого его прохождению по канальцам узкими нисходящими ветвями петель Генле, окружает пучок капилляров. Мочевина быстро всасывает воду из крови. В результате

образуется обильный отток. Но именно этот контраст между способностью удалять мочевины, которой обладают живые клетки, и переходом мочевины в растворе с одной стороны мембраны на другую оправдывает сохранение выражения “жизненно важный”. Механические условия - это те, которые мы можем имитировать в модели; жизненно важные условия - это те, которые в настоящее время мы не в состоянии воспроизвести.

**Азотистые отходы.**—Мясо, рыба, яйца, молоко, растительные белки являются источниками азота. Почка - это орган, который выводит его из организма. Поскольку вся азотистая пища, которая переваривается, в конечном итоге превращается в простые растворимые соединения, которые выводятся с мочой (количество, выделяемое с потом, настолько мало, что им можно пренебречь), соотношение азота мочи к азоту пищи является мерой эффективности пищеварения. Определенное количество азота выводится в форме мочевой кислоты, креатинина и других соединений подобного порядка; но эти менее окисленные вещества, хотя и всегда присутствуют в той или иной степени, у человека и других млекопитающих не являются нормальными конечными продуктами азотистого метаболизма. Мочевина является конечным и самым простым продуктом. Поэтому достаточно оценить количество выделяемой мочевины и сравнить азот, который она содержит, с азотом, поступающим в организм в виде “корма для животных”. Примерно девять десятых поступающего в организм азота должно приходиться на мочевины. При избыточном питании или несовершенном переваривании пропорция меньше указанной; часть азотистой пищи не усваивается; часть того, что усваивается, окисляется неполностью.

**Мочевина**, как правило, является продуктом животного происхождения. Неорганическая химия имеет дело со стабильными, органическая химия - с нестабильными, соединениями. Не то чтобы между неорганической и органической химией была какая-то граница. Это просто термины, которые удобно использовать для обозначения групп атомов, которые в данный момент занимают внимание химика. Стабильность также не является атрибутом определенных групп, а нестабильность - атрибутом других. Стабильность относительна, а не абсолютна. Но принимая эти термины в качестве удобных указаний степени, можно сказать, что неорганическая химия имеет дело с такими веществами, как карбонаты, нитраты, аммиак; органическая химия - с соединениями, в которых углерод не удовлетворяется кислородом, как в угольной кислоте; азот не удовлетворяется кислородом, как в азотной кислоте, или водородом, как в аммиаке. Углекислота (ангидрид) drid имеет формулу  $\text{CO}_2$ ; аммиак - формулу  $\text{NH}_3$ . Мочевина представляет собой комбинацию двух соединений. Это углекислота, в которой один (двухвалентный) атом кислорода заменен двумя (одновалентными) атомами аммиака. Это аммиак, в котором два (одновалентных) атома водорода заменены одним (двухвалентным) атомом углекислоты.

| Углекислый ангидрид | Мочевина | аммиак        |
|---------------------|----------|---------------|
|                     |          | $\text{NH}_2$ |
|                     | /        |               |
| реактор             | CO       | $\text{NH}_3$ |
|                     | \        |               |
|                     |          | $\text{NH}_2$ |

Мочевина представляет собой амидоуглеродистый диамид. Она очень легко впитывает воду в свою молекулу, превращаясь в карбонат аммиака.  $\text{N}_2\text{H}_4\text{CO} + 2\text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ . Это изменение быстро вызывается воздействием бактерий, содержащихся в моче, находящейся на воздухе.

Размышляя о превращениях, которым подвергаются белковые вещества в системе, правомерно рассматривать их азот как изначально соединенный с водородом в форме аммиака.

Группировка не так проста. Альбумин - это не амид. Но в танце атомов его огромной молекулы, когда он продвигается по системообразующей части крови, поглощается клетками в виде плавающего белка, включается в протоплазму клеток, разбивается на более мелкие агрегаты в мышцах — азот и водород являются партнерами. Они покидают тело рука об руку. Потоки атомов кислорода проникают через легкие; используют кровяные тельца как экипажи; спешиваясь, они пересекают лимфу, прокладывая себе путь внутрь клеток; они присоединяются к танцу. Своими сильными руками они отделяют атомы углерода и водорода от огромной цепи альбумина. В виде углекислоты и воды они доставляют их в легкие. Но азот цепляется за водород. Кислород не может оторваться. Из молекулы альбумина эта прочно соединенная пара выскальзывает, не внося никакого вклада в энергию, которая движет телом и сохраняет его в тепле. Азот не является источником энергии. Он даже спасает часть водорода альбумина от сгорания. Мочевина, сжигаемая в калориметре, имеет необходимый энергетический баланс.

Было предпринято много попыток установить стадии, через которые проходят белки на их пути к мочеvine. Поиск промежуточных соединений, вероятно, бесполезен, поскольку нет достаточных оснований предполагать, что белки распадаются поэтапно, каждый этап менее сложный, чем пищевой, и на шаг ближе к мочеvine. Каждый азотистый экстрактив, содержащийся в тканях, конечно же, находится на пути к образованию мочевины. Он будет выведен в виде мочевины, если только на самом деле, подобно мочевой кислоте или креатинину, он не должен выводиться без дальнейших изменений. Но, по-видимому, невозможно обнаружить в тканях какие-либо азотистые соединения, которые встречаются в достаточном количестве, чтобы оправдать наше отношение к ним как к неизбежным остановкам на пути вниз (*ср. с. 146*).

Метаболизм белковых веществ, как и другие процессы окисления, происходит главным образом в мышцах. О природе продуктов известно очень мало. Мочевины среди них нет. Какими бы они ни были (*ср. с. 267*), они попадают в печень, где превращаются в мочеvinу.

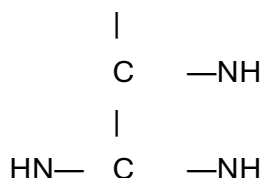
Обмен веществ в организме обычно не происходит в результате окисления азотистых продуктов. При отсутствии достаточного запаса других видов пищи они могут быть использованы в качестве источников энергии; но мы должны представлять себе, что они расщепляются на углеродсодержащие и азотистые части. Если после того, как запасы гликогена в печени были снижены из-за отказа от углеводов и жиров, потребляется азотистая пища, а затем мышцам приходится выполнять тяжелую работу, количество выделяемых углекислоты и воды сразу возрастает. Избыток мочевины, полученной из азотистой пищи, которая была уничтожена с целью высвобождения энергии, затрачиваемой мышцами, проявляется некоторое время спустя. Если рацион содержит достаточное количество углеводов, мышечная работа не приводит к увеличению мочевины. Выработка мочевины чрезвычайно стабильна. Она не увеличивается при мышечной работе и не уменьшается сверх определенного предела при отсутствии пищи. Ткани постоянно выбрасывают азотсодержащие

молекулы, которые, если организм не хочет тратить впустую, должны так же постоянно обновляться.

**Мочевая кислота.**— Когда азотистый метаболизм достиг дна, когда белковые вещества были превращены в простейшее и наиболее стабильное соединение или соединения, которые способны вырабатывать мышцы (мы не знаем, являются ли конечные продукты одним или несколькими), они переносятся кровью в печень. Печень млекопитающих превращает их в мочевины; печень птиц и рептилий превращает их в мочевую кислоту. Однако мочевая кислота не полностью отсутствует в моче плотоядных животных. У человека выводимое количество составляет около 0,8 грамма в сутки, но даже при отличном здоровье возможны значительные колебания (от 0,2 до 1,4 грамма). Нет никаких оснований думать, что мочевая кислота вырабатывается в печени млекопитающих. Напротив, это, по-видимому, либо конечный продукт распада и окисления лейкоцитов ([ср. стр. 53](#)), либо, подобно некоторым другим более сложным азотистым соединениям, которые в очень небольших количествах содержатся в моче, остаток белковой пищи, который пропустил широкий путь вниз, через мышцы и печень, к почкам. Это тяжелое бремя для лимфы и крови, и, к сожалению, почкам трудно избавиться от него. Мочевая кислота пагубным образом накапливается в тканевых пространствах, вызывая все неприятные симптомы подагры. Во время острого приступа подагры количество мочевой кислоты в организме может быть значительно увеличено. Его может быть настолько много в крови, что, когда образцу дают остыть, мочевая кислота почти сразу начинает кристаллизоваться. Говоря в целом, правильно приписывать подагру избыточной выработке мочевой кислоты; но следует помнить, что баланс между выведением и выработкой очень тонко регулируется. Во время приступа подагры количество, выводимое с мочой, не увеличивается; часто оно меньше, чем обычно. Купирование приступа сопровождается обильным выделением уратов, или литатов (λίθο, камней), как их раньше называли, потому что “камни”, которые находятся в мочевом пузыре, состоят в основном из мочевой кислоты. Из этого следует, что неправильное распределение и неадекватная экскреция имеют больше общего с развитием симптомов подагры, чем с перепроизводством. В предыдущей главе ([стр. 140](#)) мы указали в качестве основной причины подагры кислотные брожения в желудке. Однако из этого ни в коем случае не следует, что мы были правы, связывая несовершенное пищеварение с избыточным образованием мочевой кислоты. Вполне возможно, что симптомы подагры, к которым приводит затрудненное переваривание язвы, в большей степени обусловлены нарушением состава жидкостей организма, что делает их неспособными переносить мочевую кислоту к почкам в такой форме или в таком соотношении с жидкостью, в которой она растворена, что обеспечивает ее попадание в мочевые каналы. Нарушение эффективной работы системы, вызванное накоплением в ней мочевой кислоты, представляет особый интерес для всего, что известно о природе и происхождении этого вещества.

Мочевая кислота имеет формулу  $C_5H_4N_4O_3$ . Это более сложный и более стабильный организм, чем мочевина. Залежи гуано в Перу содержат мочевую кислоту (экскременты птиц), которая оставалась практически неизменной на протяжении многих лет, возможно, столетий. Ее химическая природа до конца не изучена. Из него можно легко получить мочевины; и его можно получить путем конъюгации мочевины с ядром, полученным из молочной кислоты ([ср. стр. 13](#)). Поэтому его формула обычно представлена как формула диуреида — вещества, содержащего два радикала мочевины:





Но, несмотря на это включение в его молекулу двух радикалов мочевины, безопасно, если подумать о контрасте между мочевиной и мочевой кислотой, делать упор в случае первой на связывание азота с водородом; в случае последней - на связывание азота с углеродом.

Мочевая кислота растворима с трудом; она кристаллизуется в виде ромбов. Она образует соли, нормальные и кислые. Те, которые появляются в моче, всегда являются кислотными солями. Как средство от “камней”, литиевая вода уже давно имеет репутацию, которую она, вероятно, заслуживает, поскольку кислый урат лития является наиболее растворимой солью мочевой кислоты, которую могут выделять почки. При избытке мочевой кислоты в моче коричневые кристаллы мочевой кислоты откладываются в виде “гравия” вскоре после ее выведения. Даже при отсутствии избытка кристаллы мочевой кислоты появляются через достаточное время. В других случаях мочевая кислота, когда ее избыток, выделяется в виде облака кислых уратов натрия и других оснований, что делает мочу мутной. Эти ураты повторно растворяются при нагревании воды.

Более удачливым из людей никогда не нужно интересоваться химической историей мочевой кислоты. Она всегда присутствует в жидкостях их организма. Выводится почками. Его образование представляет не больший интерес, чем образование креатинина и других азотистых соединений, которые не подвергаются почти повсеместному восстановлению до мочевины. Лица, страдающие мочекислым диатезом, находятся в совершенно ином положении. Каждое свидетельство, подтверждающее его происхождение, имеет первостепенное значение. К сожалению, собранные на данный момент доказательства скудны, и их применение в целях исправления нецелесообразно.

Единственное заболевание, при котором мочевая кислота неизменно находится в избытке, - это лейкоцитемия. Это состояние или привычка, характеризующаяся присутствием в крови очень большого количества белых кровяных телец и недостатком красных. Связь между этим заболеванием и выработкой мочевой кислоты становится очевидной в результате определенных экспериментов с питанием. Если употреблять в пищу мясо, содержащее относительно большую долю клеточных ядер, выделение мочевой кислоты заметно увеличивается. Сладкий хлеб, особенно “шейный сладкий хлеб” — *т.е.* вилочковая железа — представляет собой массу сравнительно мелких клеток с крупными ядрами. Если заменить вилочковую железу всеми другими мясными продуктами, количество мочевой кислоты, выделяемой с мочой, увеличивается вдвое. Значительное увеличение количества потребляемого обычного мяса или рыбы также повышает уровень мочевой кислоты, поскольку все мясные волокна содержат ядра. Если вместо мяса употреблять яичный альбумин, уровень мочевой кислоты не повышается. Внезапный избыток мышечной работы приводит к повышению уровня мочевой кислоты, предположительно из-за необычной активности тканей. Раньше это было очень заметно у молодых мужчин в течение первых нескольких дней “тренировок” по старой системе; но, возможно, это было связано с большим потреблением отбивных и стейков, а не с увеличением физической работы и последующим разрушением

тканей. Ядра содержат нуклеопротеины, которые расщепляются на белки и нуклеин. Химически разумно приписать нуклеину происхождение мочевой кислоты; можно проследить вероятную линию происхождения. Связь лейкоцитемии с выработкой мочевой кислоты, вероятно, обусловлена разрушением лейкоцитов, которые присутствуют в ненормальном количестве ([ср. стр. 53](#)).

Таковы доказательства, находящиеся в настоящее время в руках физиологов. Естественно, врачи попытались использовать их в своих целях. Пациентам было рекомендовано избегать продуктов животного происхождения, содержащих нуклеопротеины, — употреблять вместо мяса и рыбы яйца, молоко, сыр, растительные альбумины. Некоторые врачи утверждают, что соблюдение такой диеты дает наилучшие результаты; другие, столь же компетентные и, возможно, менее подверженные влиянию “медицинской теории” — самого опасного препятствия для любого, кто практикует искусство, которое всегда должно оставаться эмпирическим, — удовлетворены тем, что столь же хорошие результаты достигаются при исключении из рациона яиц, молока и сыра. Физиологические открытия предполагают лечение. Современная медицина - это в полном смысле прикладная физиология. Но лечение, основанное на теории, должно контролироваться непредвзятым наблюдением. Возможно, что подагрический диатез в определенных случаях можно контролировать путем исключения из рациона определенных видов азотистой пищи. Опыт поколений научил нас, что неразумное употребление таких продуктов питания, как фрукты, кондитерские изделия, сахар, которые не содержат азота, является основным фактором, вызывающим приступ подагры; что несовершенное пищеварение, вялое кровообращение, недостаточная активность почек приводят к накоплению в тканевых пространствах *fons et origo malorum*. Даже сладкий хлеб, который с точностью химического эксперимента увеличивает выработку мочевой кислоты здоровым человеком, не обязательно считается вредным для здоровья теми, кто склонен к подагре. Это один из наиболее усваиваемых мясных продуктов, и его легкое переваривание покрывает множество нарушений обмена веществ.

---

## ГЛАВА IX ОБРАЩЕНИЕ

Кровь циркулирует по замкнутой системе трубочек, идущих от сердца обратно к сердцу. Стенки этих сосудов отделяют кровь от тканей. Нигде, кроме как в селезенке, он не вступает в контакт с какими-либо клетками, кроме клеток, выстилающих сосуды, по которым он течет, и исключение, сделанное селезенкой, скорее кажущееся, чем реальное. Селезенка ([стр. 79](#)) представляет собой своего рода губку, покрытую твердой капсулой. Маленькие артерии разряжают кровь в его полости; маленькие вены собирают ее. Но орган, по сути, является частью сосудистой системы. Его пространства заменяют капиллярные сосуды, которые в других ситуациях соединяют артерии с венами.

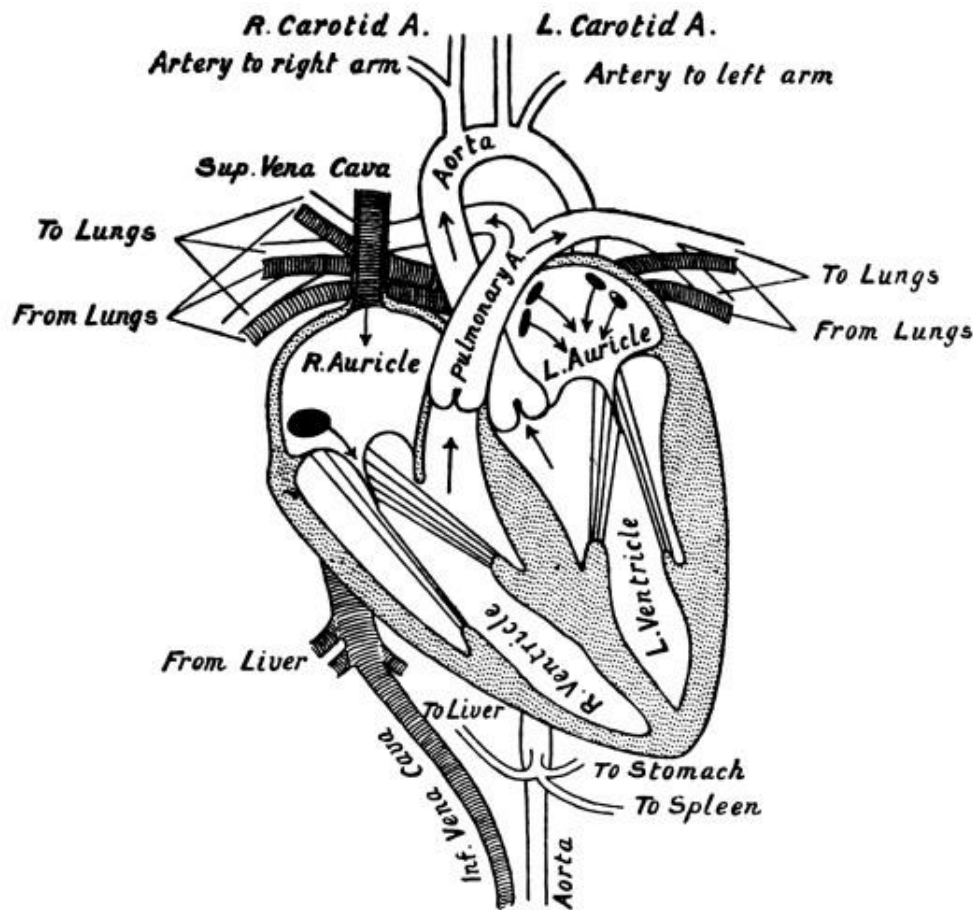


Рис. 10. Сердце, разрезанное в плоскости его длинной оси, и сосуды, которые входят в него и выходят из него.

Сухожилия хорд прикрепляют края ушно-желудочковых клапанов к мышечным сосочкам, которые выступают с внутренней стороны каждого желудочка.

Кровь совершает двойной кругооборот. Из правого отдела сердца она проходит по сосудам легких. Возвращаясь к левому отделу сердца, она разносится по всему телу. Хотя сердце состоит из двух отдельных насосов, оно представляет собой единый орган. Его деление на правое предсердие и желудочек и левое предсердие и желудочек лишь слегка обозначено на поверхности. У большинства беспозвоночных животных эти два насоса различны. У некоторых легочно-сердечные и тело-сердце расположены в противоположных частях тела. Но, думая о морфологии сердца позвоночных, не следует представлять его образованным в результате соседства двух, изначально отдельных насосов. Действительно, на самой ранней стадии своего роста он представлен двумя трубками, которые у эмбриона расположены далеко друг от друга. Но прежде чем мы сможем говорить о существовании сердца, они сливаются в единую трубку с четырьмя последовательно расположенными сократительными луковицами. По мере развития сердца расширение на его заднем или венозном конце и расширение на его переднем или артериальном конце исчезают. Образуется перегородка, которая разделяет две средние луковицы на правое и левое предсердия и правый и левый желудочки соответственно. Сразу после рождения легкие впервые наполняются воздухом. До этой конкретной минуты они не имели функционального использования. Ничего не добьешься, заставляя всю кровь организма



проходить по сосудам легких эмбриона. Следовательно, до рождения межушная перегородка перфорирована. Кровь поступает коротким путем, через овальное отверстие, из правого ушного раковины в левое. Но ко времени рождения на левой стороне отверстия опустилась завеса. Когда легкие расширяются за счет насильственного расширения грудной полости, которая их содержит, их кровеносные сосуды расширяются за счет той же силы растяжения. Кровь всасывается в них с правой стороны сердца. Устанавливается разница в давлении с двух сторон. Создаются условия, благоприятные для того, что можно почти назвать прилеганием лоскута, который свисает с левой стороны овального отверстия. Рост его края очень быстро стирает отверстие. Иногда затылочное отверстие закрывается не полностью. Ребенок растет с перфорацией межаурикулярной перегородки. Если отверстие очень маленькое, это не причиняет особых неудобств. Одышка и посинение губ указывают на его наличие, если он достаточно велик, чтобы привести к недостаточной аэрации крови.

Поскольку две стороны сердца совершенно разделены, ясно, что вся кровь, выбрасываемая правым желудочком в легкие, должна возвращаться в левое предсердие, чтобы оно могло циркулировать по телу. Однако из этого не следует, что сердце должно при каждом ударе выбрасывать точно такое же количество крови в легочную артерию и в аорту. В среднем каждая из двух сторон выбрасывает одинаковое количество — около 3 унций. Из этого также не следует, что в легких задерживается столько же крови, сколько во всем остальном теле. Количество варьируется, но в среднем в легких содержится не более одной пятнадцатой всей крови. Сердце можно сравнить с двумя шестеренками; кровоток - с цепью, свернутой в виде восьмерки, против которой работают шестеренки. Синхронно каждое зубчатое колесо поднимает звено, правое из меньшего, левое из большего контура. Любое данное звено возвращается в исходное положение через полминуты. Такая иллюстрация дает представление об устройстве системы циркуляции в целом, хотя движение жидкости сильно отличается от движения цепи.

Если при перерезании яремной вены на шее красящее вещество — такое, например, как ферроцианид натрия или метиленовый синий - вводится в ее центральный конец по направлению к сердцу, оно начинает появляться в крови, которая вытекает из ее дистального конца через полминуты. За этот короткий промежуток времени он прошел через правое сердце, через легкие, через левое сердце и через сосуды, артерии, капилляры и вены головы. Следовательно, полминуты - это “время циркуляции”. Не то чтобы все кровяные тельца тела совершали этот кругооборот так быстро. Затраченное время зависит от конкретного маршрута, по которому они проходят в большом или системном кровообращении. Некоторые пересекают сосуды, питающие стенки самого сердца, — короткий путь; другие спускаются к стопе и снова поднимаются. Но среднее время циркуляции не превышает минуты или полутора. Кровь имеет тенденцию задерживаться, в частности, в венах печени и других органах брюшной полости. Обычно в этих вместительных резервуарах содержится половина крови организма или даже больше. Именно благодаря их способности накапливать кровь обеспечивается ее запас, достаточный для удовлетворения любого особого спроса. Если человек пробегает несколько сотен ярдов, две трети всей крови тела перекачивается в его конечности. Он быстро выводится из сосудов брюшной полости, когда требуется в другом месте; но при отсутствии эффективной причины для его удаления его накопление вызывает летаргию. Даже тугая шнуровка была защищена выдающимся физиологом на том основании, что она предотвращает скопление крови в брюшной полости. Но тугая шнуровка уменьшает вместимость грудной клетки, затрудняет работу сердца, нарушает кровообращение, деформирует внутренние органы

брюшной полости и в целом деформирует и заклинивает бытовую технику, хотя профессор прав в своем мнении, что внутреннее сжатие может способствовать бодрости ума. Скорее символически, это мешает этой замечательной регулировке, посредством которой кровь распределяется по различным частям тела пропорционально их потребностям. Мозг - единственный орган, которому трудно обеспечить себя всем необходимым, и его притязания на такое количество крови могут быть оспорены. Природа не предусмотрела длительной пассивности тела, связанной с напряженной деятельностью ума. Когда стимул к умственной деятельности не является необоснованным, большинство “нервных” людей склонны обнаруживать, что их мозг лучше снабжается кровью, чем это件лезно для их здоровья.

Влияние сжатия внутренних органов на распределение крови по всему телу ощущается после глубокого вдоха и сокращения мышц живота. Содержимое брюшной полости сжимается между вдавленной диафрагмой и ее мышечной стенкой.

Некоторые другие силы взаимодействуют с биением сердца, заставляя кровь циркулировать. Два таких фактора заслуживают особого внимания. Во-первых, движение крови по венам в значительной степени зависит от внешнего давления. Вены закрываются клапанами через частые промежутки времени, а их внутренние складки, конечно же, направлены к сердцу. Любая внешняя сила, которая опорожняет участок вены, гонит кровь вперед. “Хорошая растяжка” приводит к тому, что боковое давление сокращающихся мышц оказывается на стенки вен, которые лежат между ними или под ними. К сердцу поступает больше крови. Упражнение, заключающееся в том, чтобы стоять прямо в позе внимания, затем медленно поднимать руки, пока большие пальцы не соприкоснутся над головой, и снова медленно опускать их, оказывает замечательный эффект в ускорении кровообращения — увеличении притока крови к мозгу. Изменение позы, уменьшая давление на подкожные вены, устраняет препятствие для тока крови.

Вторым из факторов, которые мы назвали вспомогательными для работы сердца, является отрицательное давление при вдохе. При объяснении воздействия этой силы на кровообращение необходимо принимать во внимание отношение легких к грудной клетке. Коробка, в которую заключены легкие, слишком велика для них; тем не менее, будучи растяжимыми и эластичными, они всегда заполняют ее. Они следуют за его движениями, когда на вдохе мышцы между ребрами увеличивают его, а на выдохе он снова уменьшается. Нет воздуха или жидкости, за исключением влаги, которая смазывает поверхность плевры, уменьшая трение, занимает (потенциальное) пространство между легкими и грудной клеткой. Но в момент прокола грудной клетки легкие разрушаются. Воздух всасывается в плевральную полость. Легкие заполняют грудную клетку только до тех пор, пока между ними нет ни воздуха, ни жидкости. Легочная ткань чрезвычайно нежна. Каждая воздушная ячейка представляет собой чашечку из тонкой мембраны, удерживающей вместе сеть капиллярных сосудов. Пока грудная клетка неподвижна, отрицательное давление в плевральной полости не оказывает влияния на эти тонкие трубки. Но когда грудная клетка расширяется, капилляры оказываются между двумя отрицательными давлениями: натяжением грудной стенки и сопротивлением, оказываемым поступлению воздуха в легкие проходами, через которые он должен проходить. Калибр легочных капилляров увеличивается точно так же, как он был бы увеличен, если бы они висели в воздушном насосе, пока поршень вытянут. Больше крови поступает в левые отделы сердца по более широким капиллярам. Выбрасываемая в аорту, она повышает давление в артериальной системе. Запись давления в артерии показывает ритмичный подъем при каждом

ударе сердца. Она также показывает подъем при вдохе и падение при выдохе. Эти более крупные колебания соответствуют движениям грудной клетки, хотя они обязательно сопровождаются некоторой задержкой дыхания, поскольку первым результатом расширения капилляров является то, что они задерживают больше крови и выделяют меньше. С другой стороны, первым эффектом выдоха является выталкивание крови, которая содержится в расширенных сосудах. В любом случае требуется один удар, чтобы выбросить в аорту кровь, поступившую в правое предсердие.

Расширение грудной клетки влияет на приток крови еще одним способом. Сердце и крупные сосуды, которые соединяются с ним и отходят от него, сами заключены в грудной клетке и подвержены отрицательному давлению, создаваемому внутри этой полости эластичностью легких. Легкие натягивают перикард, мембранозную оболочку сердца. Когда это усилие усиливается из-за сильного расширения грудной клетки, кровь всасывается в крупные вены точно так же, как воздух всасывается в трахею. Толстостенная аорта, содержащая кровь под высоким давлением, не ощущает влияния незначительных колебаний давления вокруг нее. Вены с мягкими стенками расширяются во время вдоха в значительной степени. Какое облегчение приносит глубокий зев, ускоряя замедленное кровообращение! Когда вы склоняетесь над бухгалтерской книгой поздно вечером, любые условия неблагоприятны для кровотока. Она скапливается в ногах и в животе. Голова запрокинута, рот широко открыт, в то время как грудная клетка расширяется при долгом глубоком вдохе. На печень, желудок и кишечник давит уплощенная диафрагма, выталкивая кровь к сердцу. Отрицательное давление внутри грудной клетки всасывает это вещество и оттягивает кровь, содержащуюся в крупных венах шеи. Капилляры легких расширяются, что позволяет крови быстрее проходить от правой стороны сердца к левой. Сердце откликается на обращенный к нему призыв, выбрасывая все, что оно получает, в аорту. Только огромным усилием воли бледный мозг продолжал работать; на чердаке он страдает от недостаточного давления больше, чем органы на нижних этажах. В течение короткого времени после зева она получает достаточное количество крови.

Отрицательное давление в грудной клетке всегда значительно. Если манометр — **U-образная** трубка с ртутью в петле — подсоединить к канюле, пропущенной через стенку грудной клетки, разница уровня ртути в двух концах **U** является мерой силы, с которой легкие пытаются оторваться от грудной клетки. Даже в конце выдоха уровень ртути в конечности рядом с грудной клеткой примерно на 6 миллиметров выше, чем во внешней конечности. Во время глубокого вдоха давление в грудной клетке падает на 30 миллиметров ниже атмосферного. Таким образом, возникает проблема, для которой до сих пор не найдено полностью удовлетворительного решения. Как получается, что лимфа не всасывается в плевральную полость? В здоровом состоянии плевральной жидкости не больше, чем достаточно для поддержания влажности мембраны. Эндотелиальные клетки, покрывающие поверхность плевры, препятствуют дальнейшей экссудации. Клапаны в лимфатических сосудах предотвращают обратный отток. Однако при заболевании, когда плевра воспалена, лимфа быстро отходит, часто с такой же скоростью всасываясь обратно, когда плеврит проходит. Этот поток вверх, от более низкого давления к более высокому, может быть объяснен только как явление, обусловленное "секреторной" способностью эндотелия. В качестве ответа на гидростатическую проблему это вряд ли является удовлетворительным.

Циркуляция крови является результатом разницы между давлением в сосудах, по которым она покидает сердце, и давлением в сосудах, по которым она возвращается. Давление в аорте

составляет около 200 миллиметров ртутного столба. В полую вену он равен нулю или, из-за аспирации грудной клетки, меньше нуля.

**Сердце.**— Осмотр печени, селезенки или почек мало помогает в понимании механизма работы этих органов. Совсем иначе обстоит дело в случае с сердцем. Поскольку его механика сравнительно проста, физиология занимается измерениями, условиями, при которых он может и не может работать, а также воздействием на него нервной системы и лекарств. Сердца любого млекопитающего будут достаточно для анатомического исследования. Сердце овцы примерно того же размера, что и у человека, и в точности похоже, за исключением мельчайших деталей, которые существенно не влияют на его работу.

Сердце представляет собой полую мышцу, состоящую из мельчайших сократительных клеток. Каждая клетка представляет собой цилиндр, примерно вдвое длиннее своей ширины, с овальным ядром в центре. Нет ничего неуместного в том, чтобы говорить о сердце как о единой мышце. Мышцы, которыми мы можем двигать по своему желанию, “произвольные мышцы”, состоят из волокон, каждое длиной от 1 до 2 дюймов и толщиной примерно с кусок нити (рис. 16). Каждое волокно окружено мембранозной оболочкой, сарколеммой, которая полностью изолирует его от других. Каждое из них снабжено своими нервами. Произвольное мышечное волокно представляет собой комплекс клеток. Единственная эмбриональная клетка, выросшая в волокно, подвергалась ядерному делению до тех пор, пока не образовывались сотни ядер, но ее клеточное вещество не было разделено на территории, относящиеся к нескольким ядрам. С другой стороны, в сердечной мышце за делением ядра следует деление клеток; но между клетками остаются крошечные протоплазматические мостики. Таким образом, все вещество сердца структурно непрерывно. Клетки не покрыты сарколеммой. В результате такого устройства импульс, начатый в одной части сердца, распространяется по всему телу с определенными ограничениями относительно направлений, в которых он может распространяться, тогда как в произвольной мышце отдельный импульс должен быть направлен к каждому волокну. Волна сокращения начинается в крупных венах, полых венах и легочных венах, вблизи их соединения с сердцем, распространяется от клетки к клетке по всем ушным раковинам и далее вниз по желудочкам к верхушке сердца. Вещество сердца, однако, не имеет однородного внешнего вида. Его клетки собраны в пучки, которые лежат в различных плоскостях и пересекают ось сердца под разными углами. В вареном бараньем сердце легко отделить один пучок от другого и различить листы, в которые собраны пучки. Четыре клапана сердца лежат почти в одной плоскости. Они поддерживаются волокнистой пластиной, разделенной на четыре кольца (рис. 11). Большинство пучков прикреплены к этой пластинке, хотя некоторые, окружающие ушные раковины, независимы от нее. Прикрепленные к пластинке одним или обоими концами пучки обвивают ушные раковины. Они проходят по желудочкам, изгибаясь справа налево. Те, что находятся на поверхности, поворачивают в верхушке сердца и поднимаются по внутренней поверхности желудочков. Некоторые из них образуют свободные столбики, которые находятся на внутренней поверхности желудочков и направлены в сторону клапанов —сосочковых мышц. Волокнистая пластинка, поддерживающая клапаны, отсекает почти всю мышцу, образующую стенки ушных раковин, от той, которая образует стенки желудочков; но тонкий слой продолжается от внутренней поверхности ушных раковин вниз по межжелудочковой перегородке. В значительной степени стенки двух предсердий и двух желудочков соответственно непрерывны, обеспечивая синхронное сокращение.

Расположение пучков объясняет изменения формы, которые претерпевает сердце при его сокращении. Систола начинается в сердечных окончаниях полых вен и легочных вен. Они выпускают остатки своей крови в ушные раковины и закрывают их, чтобы предотвратить срыгивание, при этом их рты не закрываются клапанами. Затем ушные раковины быстро сокращаются во всех измерениях, и как только их сокращение достигает своей высоты, желудочки сокращаются, в то время как ушные раковины расслабляются. Желудочковая волна проходит от основания к вершине слишком быстро, чтобы за ней можно было уследить глазом, и заканчивается, из-за инволюции пучков, в сосочковых мышцах. Как только начинается систола желудочков, предсердия расслабляются. После опорожнения своего содержимого в аорту и легочную артерию желудочки расслабляются, их сокращение сначала прекращается на верхушке и дольше всего удерживается у основания. Затем следует пауза (диастола), во время которой и предсердия, и желудочки вялые. Если перикард открыт, видно, что сердце становится круглым, а не овальным в поперечном сечении во время систолы. Оно укорачивается. Его вершина немного изгибается вправо и выступает вперед. Но если он находится в пределах перикарда, укорочение не сопровождается каким-либо смещением верхушки. Вместо крепления верхушки основание опускается. Передняя часть правого желудочка, на некотором небольшом расстоянии от вершины, выдвигает грудную стенку вперед в пятом межреберье, примерно на дюйм к внутренней стороне линии, проходящей вертикально через сосок. Это движение вперед ощущается как “импульс сердца”.

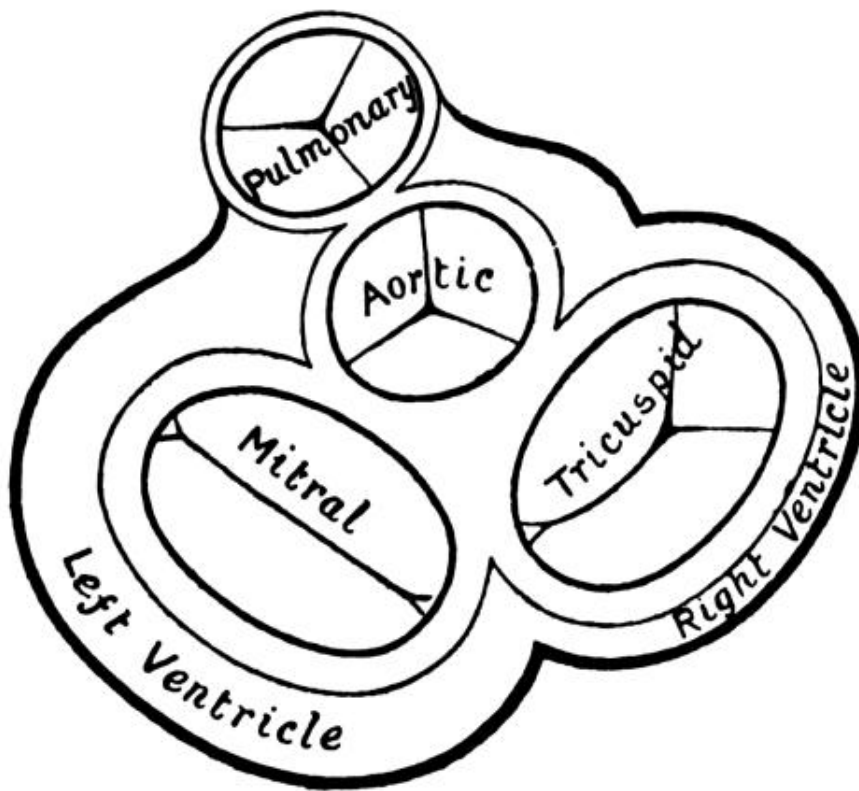


Рис. 11. Разрез примерно под прямым углом к Продольной оси сердца, обнажающий Четыре клапана, которые лежат почти в одной плоскости.

Полулунный клапан, который защищает отверстие легочной артерии, находится ближе всего к грудине.

Сокращение сердца - это не чередование предсердий и желудочков. Во время диастолы кровь попадает из вен через ушные раковины в желудочки. В некотором смысле ушные раковины не являются необходимыми частями двойного насоса. Они собирают кровь, пока желудочек сокращается, тем самым предотвращая ее продвижение по венам. Они экономят время. Их сокращение завершает заполнение желудочка, так что в тот момент, когда начинается сокращение желудочка, кровь поступает в аорту и легочную артерию.

**Клапаны.**—Если когда-либо выражения восхищения были уместны в трактате о теле животных, такое предисловие можно было бы допустить к описанию сердечных клапанов. Что означает не более чем следующее: мужчины изготавливают насосы. Следовательно, они в состоянии оценить механизм сердца. Мы не можем восхищаться тем, чего не понимаем. Если бы мы создали секреторные органы или самосжимающиеся пружины, железы и мышцы вызвали бы нашу признательность. Мы должны признать, что природный аппарат приспособлен для своей работы даже лучше, чем любой из тех, что могут создать люди. Это признание, которое вынуждают нас делать, когда мы изучаем сердце.

Отверстия, соединяющие предсердия и желудочки, чрезвычайно широки, что позволяет содержимому первых переливаться во вторые почти мгновенно. Если бы мы попытались создать насос, удовлетворяющий этому условию, мы бы обнаружили, что он вышел из строя по нескольким причинам. Во-первых, приток жидкости из одной камеры в другую прижал бы створки клапанов обратно к стенке второй камеры. Они цеплялись бы за стену и не всплывали бы быстро на место при сжатии второй камеры. Для краткости назовем эти две камеры А и V. Когда V сокращается, часть жидкости будет выброшена обратно в А, потому что сопротивление в этом направлении ниже, чем сопротивление, оказываемое столбом жидкости над насосом (сопротивление в аорте очень высокое), содержимое V будет устремляться за пределы А-V клапана. Это происходило бы даже в том случае, если бы его створки не были прижаты обратно к стенке. Кроме того, на пике сжатия мембранный клапан выпячивался бы назад в А, образуя чашу по направлению к V, которую V не мог бы опорожнить. В глубине души эти трудности были преодолены.

Трехстворчатый клапан, который отделяет правое предсердие от правого желудочка, имеет три створки. Митральный клапан, расположенный с левой стороны сердца, имеет всего две. Створки состоят из прочной мембраны, но сравнительно тонкие. Следующее руководство для принятия решения при вскрытии о том, были ли они здоровы на момент смерти, было дано много лет назад известным хирургом: “Вы должны быть в состоянии увидеть грязь под ногтем большого пальца, когда кладете его под один из лоскутов”. Хирургия улучшилась как в плане чистоты, так и в других отношениях; действительно, возможность прогресса появилась благодаря признанию необходимости запредельной чистоты. Но это отступление. Края клапанов зубчатые. К ним прикреплены нити — хорда, сухожилия - как к веревкам палатки. Другим концом эти сухожилия прикрепляются к уже упомянутым сосочкам мышц. Пучок сухожилий от каждой сосочковой мышцы расправляется и вводится в смежные края двух створок. Мы упомянули некоторые трудности, которые были преодолены при конструировании насоса. (1) Клапаны не прижимаются к стенке желудочка во время систолы предсердия. Необходимо помнить, что во время диастолы из обеих камер кровь поступает через ушную раковину в желудочек. Поскольку последний частично заполнен до начала систолы предсердия, створки поднимаются вверх. Этому в значительной степени способствует форма внутренней стенки желудочка. Она не плоская, а возвышается столбами—*columnæ carneæ*.

Промежутки между этими опорами вызывают обратные промывочные токи, которые приподнимают створки и помогают привести их в правильное положение, как только начинается систола желудочка. (2) Кровь, попавшая в желудочек, не выбрасывается обратно в ушную раковину. Клапан “надувается” над кровью в желудочке до прекращения сокращения ушной раковины. Тонкие края его створок срastaются с большой скоростью. Сухожильные тяжи, удерживающие свои края со стороны желудочка, сходятся не от края к краю, а сложенный лоскут к сложенному лоскуту. (3) Клапан не выпячивается в ушную раковину. Напротив, в разгар систолы он втягивается в желудочек сокращающимися сосочками мышц. Поскольку кольцо, к которому прикреплен клапан, уменьшается в размерах из-за сокращения основания сердца, которое продолжается, следует помнить, до тех пор, пока верхушка не начнет расслабляться, края створок загибаются все дальше и дальше под действием натяжения сосочковых мышц, и кровь выдавливается из промежутка между стенкой желудочка и втянутым клапаном.

“Полулунные клапаны”, которые закрывают отверстия в аорте и легочной артерии, имеют по три створки каждый. Полулунный клапан аорты, который выдерживает более высокое давление, демонстрирует свои характерные особенности в гораздо более выраженной степени, чем другой. Каждая из трех его створок имеет форму полукружия. В центре края половинки чашечки находится небольшой волокнистый узелок. Края чашечки по обе стороны от него очень тонкие. Тонкие эластичные волокна расходятся от узелка ко всем частям лоскута. В стенке аорты видны три прохода, или “синуса”, по одному за каждым лоскутом. Следовательно, когда клапан закрывается из-за повышения давления в желудочке, створка не прижимается обратно к стенке аорты. В кармане за ним всегда остается определенное количество обратной промывки. В тот момент, когда давление в желудочке начинает падать, три створки смыкаются с таким щелчком, что его отчетливо слышно на большей части передней части грудной клетки. Щелчок - это “второй звук” сердца. Ушно-желудочковые клапаны также издадут звук, когда они закрываются; но этот “первый звук сердца” имеет другой характер. Он протяжный, мягкий, с низким тоном. Звуки принято обозначать слогами “любб дуп—любб дуп”, пауза во время диастолы примерно такой же продолжительности, как звуки, когда сердце бьется в своем нормальном ритме. Колебания частоты сердечных сокращений мало влияют на продолжительность систолы. Укороченной или удлинённой бывает диастола. Второй звук полностью обусловлен закрытием полулунных клапанов. Наиболее отчетливо он слышен, когда стетоскоп помещен над областью, где аорта ближе всего подходит к стенке грудной клетки, — у второго реберного хряща с правой стороны грудины. Первый звук наиболее громкий вблизи верхушки сердца. Общеизвестно, что он не полностью обусловлен закрытием предсердно-желудочковых клапанов, но имеет вторую составляющую. Некоторые люди утверждают, что они могут с помощью уха отличить более четкий клапанный звук в начале от общего грохота, который сопровождает его. Основная часть звука, если он состоит из двух составляющих, или весь звук, если в нем нет различимой клапанной составляющей — наблюдатели расходятся во мнениях — это просто шум далекого такси (*bruit du cab*) или волн на далеком пляже; это звук, который ухо улавливает из любой нерегулярной смеси тонов, которую оно не может проанализировать. Это резонансный тон уха. То, что перепончатые клапаны играют ведущую роль в производстве первого звука, не подлежит сомнению ни по их первому закрытию, ни по их последующей вибрации. Мы были бы склонны приписать им все представление, если бы первый звук или, по крайней мере, звук, не раздавался во время биения обескровленного сердца. Если животное убить и с предельной поспешностью извлечь сердце из его грудной клетки, оно будет биться около минуты, лежа на ладони человека. Когда стетоскоп прикладывается к желудочку, слышится “первый звук”. Из-за

неправильного представления это было описано как мышечный звук. Это похоже на звук, который раздается, когда стетоскоп ложится на сокращающийся бицепс. До недавнего времени добровольное сокращение мышцы считалось вибрационным — столбняк. Звук соответствует частоте примерно в тридцать шесть колебаний в секунду. Были основания полагать, что сокращение мышц естественным образом не приводит к такой быстрой вибрации, поэтому звук был интерпретирован как первый обертон мышечной ноты. Считалось, что мышца вибрирует восемнадцать раз в секунду. Сходство первого звука сердца с обычным мышечным звуком привело физиологов к выводу, что сокращение сердца также является столбняком. Но это было ошибкой. Ни произвольное мышечное действие, ни сокращение сердца в этом смысле не являются прерывистым сокращением. Особенно в случае мускулатуры сердца, сокращение представляет собой постоянное сокращение, за которым следует устойчивое расслабление. Звук, производимый бескровным сердцем, обусловлен различными смещениями, которые происходят при его сокращении. Его внутреннее устройство очень неправильной формы, с его колоннами, сосочковыми мышцами, сухожильными тяжами, клапанами. Смещение этих различных структур является причиной шума.

Тоны сердца дают врачу возможность с предельной точностью определить состояние клапанов. Если звуки отклонены от нормы в наименьшей степени, клапаны нездоровы. Изменение структуры клапана, говоря обычным языком, является заболеванием сердца. Обычно это обозначается добавлением к обычному звуку. Такое добавление называется “журчанием”; по-французски *un bruit de souffle*. Любой термин несколько вводит в заблуждение новичка. Мы помним сокурсника, которому наш шеф тщетно разъяснял природу ропота. “Конечно, мистер С., вы можете слышать шум в этом случае”. Мы, другие, могли слышать это, стоя вокруг кровати. Послушав с минуту, С. ответил: “Я думаю, я мог бы услышать это, сэр, если бы сердце не производило такой оглушительный шум”. Оглушительный шум был ропотом. Задача врача - распознать, что имеет место отклонение от нормы, проанализировать его характер, определить время, в которое он слышен, по отношению к сердечному циклу, и определить место на груди, где он слышен наиболее громко. Затем он может указать, какой из клапанов поражен и какова природа его поражения. Является ли это повреждение закупоркой отверстия или оно вызывает отток крови? Или один из клапанов, как это обычно бывает при заболеваниях сердца, несовершенен в обоих отношениях?

Ропот, в самом строгом смысле этого слова, - это звук, добавленный к звуку сердца. Во всех случаях это происходит из-за вибрации столба жидкости (в физике есть термин “жидкая вена”). Когда жидкость, проходящая под давлением по трубке определенного калибра, попадает в трубку меньшего калибра, вибрации не возникает. Когда он проходит из трубки меньшего калибра в трубку или пространство большего размера, он начинает вибрировать. При нормальных условиях вибрации в сердце не возникает. Ушно-желудочковые отверстия настолько велики, что ушная раковина и желудочек образуют единую полость, когда клапан открыт. Желудочки направляют кровь в трубки меньших размеров, чем они сами. Это не те условия, которые вызывают вибрацию в толще жидкости. Но если одно из отверстий сужено из-за утолщения или частичной адгезии его клапана, столб жидкости вибрирует, попадая в пространство за ним. Звук распространяется вперед, за пределы сужения, а не позади него, и передается на стенку желудочка, аорты или легочной артерии, в зависимости от обстоятельств. Когда любое из предсердно-желудочковых отверстий сужено, вибрацию столба жидкости можно не только услышать, но и ощутить. Палец, приложенный к грудной клетке в том месте, где происходит сердцебиение, вызывает ощущение трепета. Вибрация может возникать, когда



кровь течет *через* ушную раковину в желудочек, до того, как ушная раковина сократится. Со временем он становится пресистолическим. Шум, возникающий при регургитации в ушную раковину, синхронен с систолой. Шум, возникающий из-за регургитации в желудочек через некомпетентный полулунный клапан, является постсистолическим.

Мы говорили, что сердце устроено так, что при нормальном функционировании не образуется вибрирующих жидких вен. Шумы возникают из-за изменений в клапанах, которые видны после смерти. Это утверждение нуждается в модификации. Нередко слышны функциональные шумы, которые через некоторое время снова исчезают - возможно, через несколько недель или даже дней. Объяснение шумов этого класса очень сложно. Чаще всего они слышны у лиц с анемией и, по-видимому, в этих случаях возникают из-за сокращения сердца из-за недостатка циркулирующей крови, пока полости желудочков не станут меньшего диаметра, чем полости крупных артерий, в которые они выбрасывают свое содержимое.

Таково объяснение физической причины шумов, данное Шово и Мареем, физиологами, которые уделяли этому вопросу наибольшее внимание. Но следует помнить, что клапаны, которые при заболевании являются источниками шума, представляют собой мембранозные структуры. Возможно, что они образовали бы жидкие вены, если бы были жесткими выступами, выступающими в кровоток; но, будучи мембранозными, они способны вибрировать. Некоторые физики придерживаются мнения, что шум вызван не вибрацией жидкой вены как таковой, а вибрацией мембранозной структуры, которая препятствует прохождению жидкости. Физическая сторона проблемы не имеет большого значения для врача. Шум возникает в том месте, где расположен пораженный клапан, и распространяется вперед. Это позволяет ему с точностью определить, что не в порядке с сердцем.

**Кровеносные сосуды.**—Большая циркуляция крови происходит через замкнутую систему сосудов, которые соединяют левый желудочек с правым предсердием. Аорта дает боковые ответвления. Ее ветви разветвляются. Разделение продолжается до тех пор, пока сосуды не станут достаточно широкими, чтобы кровяные тельца могли проходить гуськом или немного шире. Когда сук дерева делится, соединенные поперечные сечения его сучьев после снятия с них мягкой коры могут быть немного больше поперечного сечения сука; но разница обычно невелика. Объединенное поперечное сечение более мелких артерий значительно больше, чем у стволов, которые дают им начало. К тому времени, когда достигаются капилляры, их общее русло — их объединенное поперечное сечение - примерно в 640 раз больше, чем у аорты. Эта оценка основана на уменьшении скорости, с которой кровь течет по сосудам. Скорость, с которой струя течет по каналу, изменяется в зависимости от поперечного сечения канала. В капиллярном сосуде кровь течет со скоростью от 0,5 мм до 1 мм в секунду. В аорте скорость составляет около 320 мм в секунду. При восстановлении венозной системы происходит обратный процесс сокращения, но не с такой же скоростью. Общий калибр двух полых вен, в которых сокращение завершено, примерно в два раза больше, чем у аорты. Из этого следует, что вены вмещают гораздо больше крови, чем артерии; а поскольку вены легче растягиваются, количество, которое они могут вместить, варьируется в широких пределах. Они представляют собой в какой-то степени резервуар для крови.

Капиллярные сосуды - это трубки системы кровообращения, по которым поступает кровь. В среднем они имеют длину около 0,5 мм. Через них кровь течет медленно. Только через их стенки происходит какой-либо заслуживающий упоминания обмен между кровью в сосудистой

системе и лимфой, которой она окружена. Поэтому интерес сосредоточен на этих сосудах. Их стенки сформированы из эндотелиальных плиток. В центре каждой тонкой прозрачной плитки находится углубление, где расположено ее линзовидное ядро. Контур плитки извилистый. Его край совпадает с краями соседних с ним клеток. Кислород и углекислота, питательные вещества и продукты жизнедеятельности быстро проходят через эндотелиальные клетки. Лейкоциты обладают способностью отталкивать клетки в сторону, чтобы те могли проникнуть из крови в лимфу, которая заполняет тканевые пространства. За исключением хрусталика и роговицы глаза, хрящей и различных эпидермальных структур, все ткани пронизаны капиллярными сосудами. Нетрудно подсчитать количество таких сосудов в организме, за исключением печени и легких. Диаметр аорты составляет 28 миллиметров, диаметр капилляра около 0.008 миллиметров. Как уже говорилось, поперечное сечение всех капилляров, сложенных вместе, в 640 раз больше поперечного сечения аорты.

Было разработано множество схем для иллюстрации сосудистой системы; но все они вводят в заблуждение, поскольку не дают никакого представления о том, до какой степени развито деление ее сосудов. Если бы водопроводные трубы, снабжающие город, разветвлялись до тех пор, пока первоначальный трубопровод не был бы представлен пятью-шестью тысячами миллионов маленьких трубочек, трение, которое пришлось бы преодолевать насосной станции, было бы очень велико. Но небольшая сила останется в воде, когда она достигнет самой маленькой трубки. Еще большее сопротивление оказывает потоку крови, которая слегка вязкая и содержит твердые частицы, которые увеличивают трение. Две тысячи миль капиллярных трубок в теле человека, не считая сосудов его печени и легких!

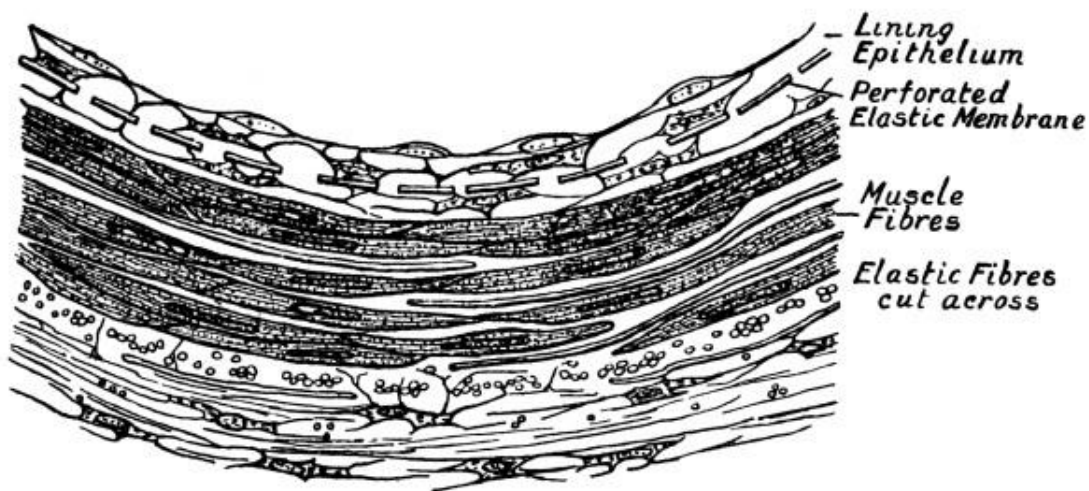


Рис. 12. Участок стенки Небольшой артерии, рассеченный поперечно и сильно увеличенный.

Его внутренняя оболочка состоит из выстилающего слоя эпителиальных чешуек, поддерживаемых соединительной тканью и прочной эластичной мембраной. Эта мембрана перфорирована отверстиями, которые непрерывно соединяют лимфатические пространства с двух ее сторон. Средний слой состоит из гладких мышечных волокон и участков эластичной мембраны; наружный слой состоит из эластичных волокон, в основном продольных, и соединительной ткани.

Вода подается в дома по жестким трубам. Артерии эластичны, и их эластичность саморегулируется. Причина этого будет очевидна, если исследовать участок артерии. Она

содержит много эластичной ткани. Она также содержит простые мышечные волокна. Чем меньше артерия, тем больше количество мышц относительно других составляющих ее стенки. Стенка вены содержит очень мало мышц и не так много эластичной ткани. Мышцы всех стенок артерий находятся в постоянном состоянии тонуса. В некоторой степени степень тонуса изменяется автоматически. Давление внутри артерии действует как стимул для мышечных волокон ее стенки. Любое увеличение приводит к более сильному сокращению волокон. Любое уменьшение вызывает их расслабление. Артерии сопротивляются растяжению; они не сужаются в значительной степени, когда давление падает. Но более важными, чем этот автоматический механизм поддержания равномерного давления в капиллярах в целом, являются изменения давления в конкретных местах, вызываемые посредничеством сосудосуживающих и сосудорасширяющих нервов. Почти во всех органах и частях тела автоматический тонус артерий усиливается импульсами, которые непрерывно проходят по сосудосуживающим нервам. Эти импульсы начинаются, или, говоря точнее, проходят через сосудодвигательный центр в продолговатом мозге. Из каждой части тела импульсы поднимаются к этому центру, побуждая его поддерживать кровяное давление путем универсального сжатия. И все же ни один отдельный орган не был бы заинтересован в отправке такого сообщения, если бы он не был открыт для того, чтобы в то же время попросить ослабить сужение его собственных сосудов. Следовательно, можно сказать, что каждый индивид в сообществе взывает к всеобщей экономии и более щедрому отношению к самому себе. Реакция государства на последнюю часть его требования пропорциональна той горячности, с которой оно представлено.

Если перерезать спинной мозг животного рядом с продолговатым мозгом, дыхание поддерживается за счет нагнетания воздуха в легкие и из них, сердце продолжает биться с неизменной силой, но давление в крупных артериях падает до трети своего нормального значения. Сжимающие импульсы больше не проходят по спинному мозгу из сосудодвигательного центра. Этот эксперимент также иллюстрирует истинность утверждения о том, что модели сосудистой системы — устройства насосов и резиновых трубок — скорее вводят в заблуждение, чем информируют. В искусственной схеме ослабление сужения маленьких трубочек на проксимальной стороне капиллярных сосудов уменьшило бы трение. Жидкость достигла бы капилляров в большем количестве и прошла бы через них быстрее. Следовательно, давление в трубках, которые представляют собой вены, будет приближаться к давлению на артериальной стороне. Но когда спинной мозг разделяется, давление падает как в венах, так и в артериях. Это связано с другим фактором, имеющим очень большое значение для регуляции кровообращения. Кровь из органов пищеварения собирается "портальной системой" вен. Они не соединяются с нижней полой веной; они направляются в печень, где снова распадаются на капилляры. Только после этого второго распределения по мелким сосудам кровь вновь собирается печеночными венами и направляется к сердцу. Как и в случае с артериями, портальная система сосудов контролируется нервной системой. При разделении спинного мозга они также расширяются. Вся сосудистая система становится более вместительной, кровяное давление падает как в венах, так и в артериях.

Когда органы пищеварения активны, другие части тела испытывают недостаток крови. В студенческие годы писателю довелось провести раннее лето в Париже с крупным здоровым йоркширцем в качестве компаньона. Каждый вечер мы ужинали вместе в одном из ресторанов Пале-Рояля с *фиксированной оплатой*. После ужина, с британской регулярностью, мой друг позвонил в "*Таймс*". Затем последовал короткий период безмятежного чтения, прерванный

замечанием: “Как холодно!” Полчаса спустя, встряхнувшись: “Может, пойдем поужинаем где-нибудь в другом месте?” Его хорошо налаженные пищеварительные органы быстро справились с обедом за два франка. Они были умело поддержаны сосудодвигательной системой нервов, которая обеспечивала их основной массой крови, в то время как конечностям и коже не хватало.

Сосудосуживающие нервы отходят от спинного мозга через корешки (называемые “rami communicantes”) симпатических ганглиев. За пределами ганглиев они соединяются с крупными артериями, по ходу которых они проходят. Констрикторные нервы для лица и шеи выходят из спинного мозга в грудной клетке через корешки первых четырех грудных нервов. Они не сразу проникают в главную артерию головы. Пока не будет достигнута верхняя часть шеи, они пересекают ганглиозный симпатический канатик, который лежит за сонной артерией и внутренней яремной веной. Если у кролика перерезать эту пуповину, сосуды его уха расширяются, о чем свидетельствует розовый румянец, который наблюдается, когда за ним подносят свет. Если стимулировать верхнюю часть симпатического канатика, ухо бледнеет. Покраснение уха остается в течение многих дней после перерезания нерва; но постепенно нагрубание уменьшается, и сосуды приобретают способность автоматически регулировать кровоток.

Классического эксперимента с ухом кролика достаточно, чтобы показать взаимосвязь кровеносных сосудов и нервов, которая справедлива для всех участков кожи. Состояние кожи является основным фактором регулирования температуры тела. В холодной атмосфере ее сосуды сильно сужаются, чтобы ограничить потерю тепла. Когда человек входит в теплую комнату, напряжение ослабевает. Кожа покраснела; тепло передается излучением. Потовые железы выделяют воду, которая испаряется под действием тепла кожи. Сжатие и ослабление сжатия - это процессы, которые уменьшают или увеличивают потерю тепла.

Этот механизм отличается в случае желез и некоторых других структур, которые в активном состоянии требуют обильного притока крови. Такие органы снабжены сосудорасширяющими нервами в дополнение к сосудосуживающим нервам. Наиболее наглядный пример этого можно увидеть в случае подчелюстной железы. Нерв, ведущий к этой железе, проходит на некотором расстоянии в виде изолированной нити — барабанной перепонки. Стимуляция барабанной перепонки оказывает двойной эффект, расширяя артерии железы и вызывая ее секрецию. Но введение атропина предотвращает секрецию. В этом случае единственным видимым эффектом является расширение сосудов. Стимуляция может в шесть раз увеличить отток крови из вен железы. Она течет с такой скоростью, что сохраняет свой яркий артериальный оттенок. Железа также получает ответвление от симпатического канатика на шее, который, как уже говорилось, контролирует сосуды лица. Стимулируя тот или иной нерв, физиолог может по своему желанию увеличить или уменьшить количество крови, протекающей через подчелюстную железу. Стимуляция любого чувствительного нерва рефлекторно вызывает усиленный отток сжимающих импульсов из центра в продолговатом мозге во все части тела, за исключением части, к которой относится чувствительный нерв. Его собственный электроток получает увеличенный приток крови. Нетрудно оценить важность этого двойного действия. Часть населения ранена. Ограничения, наложенные на его кровоснабжение, отменяются. Чтобы его повышенное потребление не привело к общему падению давления, запас всех других компонентов сокращается. Эффект еще более выражен, чем этот. Общее кровяное давление

повышается выше своего обычного уровня. Таким образом, приток крови к поврежденной части тела больше, чем был бы, если бы единственным изменением было расслабление ее артерий.

Наиболее важными из всех констрикторных нервов являются спланхнические, которые контролируют снабжение желудка и кишечника. Когда эти нервы перерезаются, органы пищеварения набухают до такой степени, что в результате происходит заметное падение общего кровяного давления. Их стимуляция приводит к анемии органов пищеварения. Мы уже показали, что расслабление сужения сосудов происходит рефлекторно. Рефлекторное расслабление спланхнической области имеет большое значение, поскольку оно может быть вызвано стимуляцией одного из чувствительных нервов сердца. Чем выше кровяное давление, тем интенсивнее работало бы сердце, если бы его предоставили самому себе. Это импульсивный орган, всегда пытающийся ускорить свой темп и увеличить силу биения. Чрезмерное рвение могло бы привести к неприятностям, если бы не были приняты строгие меры предосторожности, чтобы держать его в узде. Правда, это стимулируется определенными "ускоряющими нервами" - симпатическими волокнами, которые отходят от спинного мозга через передние корешки второго и третьего грудных нервов; но влияние, которое ускорители оказывают при нормальных условиях, по-видимому, не очень выражено. Нервы, сдерживающие сердце, гораздо более заметны, чем те, которые побуждают его к действию. Механизмы для уменьшения работы сердца бывают двух видов. Во-первых, ответвления, отходящие от блуждающего нерва, действуют как непрерывная проверка. Из определенного места в продолговатом мозге, центре торможения сердечно-сосудистой системы, импульсы всегда направляются вниз, чтобы замедлить сердцебиение. Они рефлекторного происхождения, но высокое кровяное давление в центре увеличивает легкость, с которой они передаются. Некоторые из этих раздражителей возникают в самом сердце, поднимаясь и опускаясь по блуждающему нерву. Остальные поступают из различных источников. Тяжелое повреждение любой части тела замедляет работу сердца. Повреждение кишечника, например, при перитоните, особенно эффективно усиливает торможение блуждающего нерва. Замедление работы сердца снижает кровяное давление. Когда перерезаются оба влагалища, сердце начинает биться галопом, независимо от давления, при котором оно должно работать.

Чувствительный нерв сердца, называемый "депрессором", является главным фактором снижения кровяного давления. Его ход неодинаков у всех животных, но он проходит более или менее в соединении с блуждающим. Обычно он присоединяется к его верхней гортанной ветви. Импульсы, которые поднимаются по этому нерву, препятствуют сужению спланхнических сосудов. Они открывают шлюзы, которые снижают общее давление. Сильная боль и крайнее расстройство при стенокардии - это крик сердца, когда кровяное давление слишком высокое, когда оно чувствует себя неспособным бороться с ним. Физиологи признали это задолго до того, как было известно лекарство. Был начат систематический поиск препарата, который можно было бы безопасно использовать для снижения кровяного давления. Результатом стало открытие, что вдыхание амилнитрита отвечает этой цели и выполняет это условие.

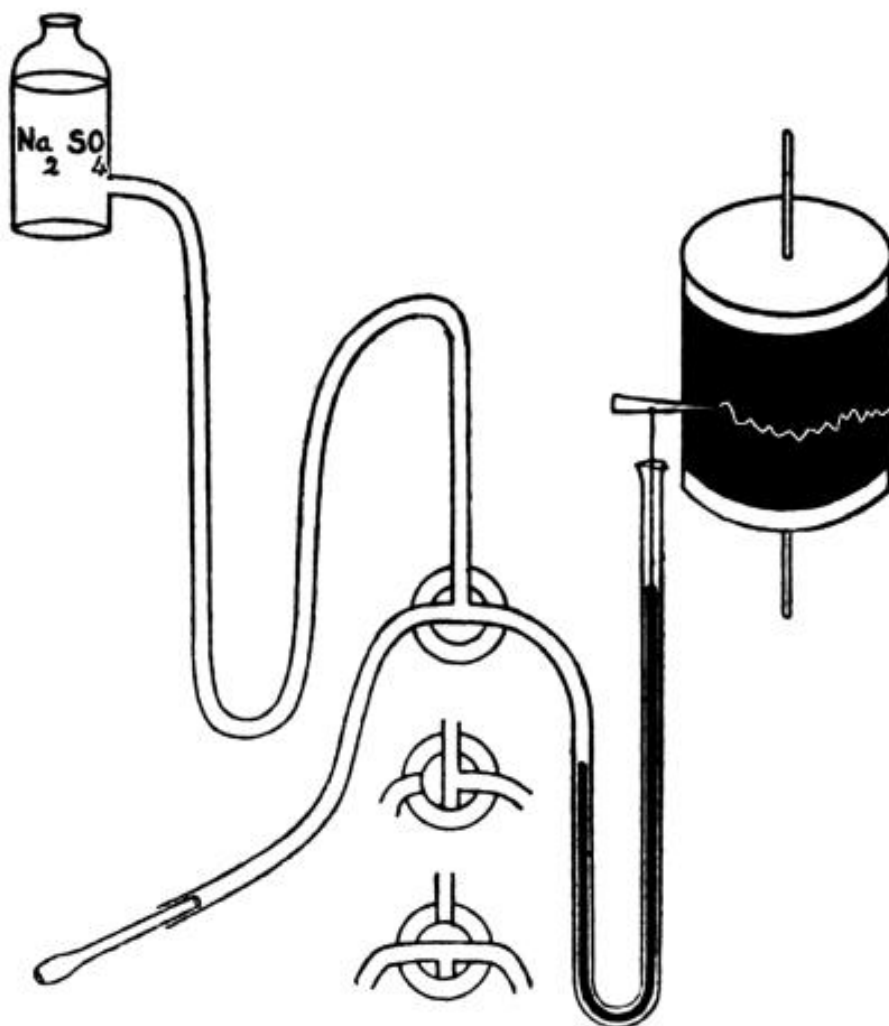


Рис. 13. Манометр для измерения артериального давления.

А **U-образная** трубка содержит ртуть, на которой плавает стержень, поддерживающий точку царапания, которая делает “трассировку” на почерневшей бумаге, обернутой вокруг вращающегося барабана. Между манометром и канюлей, которая вводится в центральный конец перерезанной артерии, находится трехходовой кран, который ведет к баллону высокого давления, содержащему наполовину насыщенный раствор сульфата натрия. Этот раствор предотвращает свертывание крови. Перед подсоединением к артерии аппарат наполняется из баллона высокого давления. Затем кран поворачивают во второе положение, а бутылку поднимают до тех пор, пока ртуть в манометре не достигнет уровня, несколько превышающего тот, которого можно ожидать под влиянием кровяного давления. Затем канюля вводится в артерию, кран поворачивается в третье положение, при котором манометр соединяется с кровью и исключается использование баллона высокого давления. Поскольку уровень ртути немного превышает кровяное давление, часть раствора сульфата натрия попадает в артерию, но кровь не поступает в канюлю. Точка царапания, поднимающаяся и опускающаяся при каждом изменении кровяного давления, делает запись на почерневшей от сажи бумаге, которую впоследствии снимают с барабана и покрывают лаком.

Когда мы рассматриваем гидростатику кровообращения, становится очевидным, что изменения силы, с которой бьется сердце, и изменения калибра кровеносных сосудов работают совместно при определении артериального давления. И сосуды, и сердце сокращаются автоматически — первые непрерывно, второе ритмично. Сердце лягушки, если оно заключено во влажную камеру, бьется еще долгое время после того, как его извлекли из животного. Даже если нарезать кусочками, определенным образом отдельные кусочки взбивают. Полоска из желудочка сердца черепахи, слегка растянутая весом легкого рычага, прикрепленного к одному из ее концов, продолжала ритмично сокращаться в течение сорока восьми часов. Когда сердце остановилось, его нельзя запустить снова, стимулируя какой-либо нерв. У него в наиболее выраженной степени есть свои представления о скорости и силе, с которыми оно должно биться. Но в определенных пределах он находится под нервным контролем. Ускорители ускоряют его, в ущерб ему самому. Они принадлежат к отделу катаболических нервов — название, данное им, указывает на то, что они истощают ткани, ухудшая их состояние. Блуждающий нерв замедляет работу сердца. Он защищает его от самого себя. Его действие анаболическое. Под его влиянием улучшается состояние сердца. Если его какое-то время сдерживали стимуляцией блуждающего нерва, сердце бьется сильнее, когда этот нерв перестает действовать, чем до того, как его привели в состояние покоя.

Артерии также находятся под влиянием двух антагонистических наборов нервов. Те, которые усиливают их тоническое сокращение, почти универсальны по своему распределению. Возможно, те, кто активно проверяет это, столь же широко распространены, но доказательства не совсем свободны от двусмысленности. На определенные органы, такие как уже упомянутые слюнные железы, которые требуют больших изменений в количестве поступающей к ним крови, влияние расширяющих нервов очень заметно. Самая простая гипотеза относительно механизма действия сосудосуживающих и сосудорасширяющих нервов оставляет инициативу за мышцами сосудистой стенки. Увеличивающееся внутреннее давление крови является стимулом, который заставляет мышцу сокращаться. У некоторых беспозвоночных животных — например, у улитки, — если предотвратить поступление крови в сердце, чтобы не было повышенного давления, сердце останавливается. У высших животных сердце приобрело привычку сокращаться, которая поддерживает его работу в отсутствие надлежащего стимула. Два класса нервов оказывают противоположное влияние на мышцы. Сосудосуживающие нервы повышают возбудимость его волокон; сосудорасширяющие нервы уменьшают ее. Только так мы можем объяснить их действие на общей основе. Много можно было бы сказать о разумности такого объяснения. Наши взгляды относительно связи нервного воздействия и мышечного сокращения склонны отклоняться от нормы из-за того факта, что поколения физиологов наблюдали феномен мышечного спазма, следующего за внезапным раздражением нерва. Эти два события, очевидно, связаны. Стимул, по-видимому, создает новое состояние в нерве - запускает процесс, который не происходил до пропускания через него электрического тока. Мышечный спазм также представляется изолированным событием. Как обычно, нас вводят в заблуждение аналогии с изобретениями человека. Мы сравниваем нервный импульс с падением молотка, мышечный спазм - со взрывом пороха. Мы забываем, что нерв и мышца находятся в постоянной связи; что импульс - это внезапное усиление воздействия, которое нерв непрерывно оказывает, сокращение - это усиление метаболических изменений, которые постоянно происходят в мышцах. (Смотрите в связи с этим объяснение мышечного тонуса, [стр. 273.](#)) В случае простой мышцы нервные раздражители не вызывают сокращения; они просто повышают возбудимость мышцы. Возможно, нам будет труднее понять для себя, каким образом

расширяющие нервы снижают возбудимость; но существование такого анаболического воздействия не подлежит сомнению. Сердце и кровеносные сосуды являются частью одной и той же системы. Сердце имеет свои ускоряющие и тормозящие нервы, кровеносные сосуды — свои сужающие и расширяющие нервы. Как для стенки сосуда, так и для сердца стимулом к сокращению является увеличивающееся давление крови, хотя совершенно необязательно, чтобы этот стимул действовал в данный момент. Симпатический и блуждающий нервы могут в определенной степени контролировать биение обескровленного сердца. Сердечная ткань приобрела привычку биться и прислушиваться к советам, передаваемым ей через эти нервы.

Саморегулирование кровеносных сосудов по давлению, которому они подвергаются, проявляется в приспособлении степени их сокращения к положению тела — к весу, то есть к столбу жидкости, который они должны поддерживать. Каждый играл в игру “правая рука или левая”. Когда руку держат над головой, кровь отливает от нее, и рука становится холодной; но если возникает необходимость в приспособлении и дается время для того, чтобы механизм заработал, он работает до совершенства. Когда мы стоим прямо, крови в ногах не слишком много, а в голове не слишком мало. Но после двух недель, проведенных в постели, выздоравливающий, впервые встав прямо, обнаруживает, что его ноги быстро наливаются кровью — тапочки через несколько минут становятся ему тесны, — в то время как мозг становится настолько анемичным, что у него кружится голова или он даже теряет сознание.

Бесчисленные примеры сосудодвигательного действия встречаются в повседневном опыте. Любопытный факт, что нервы, контролирующие калибр кровеносных сосудов, склонны переигрывать свою роль. Когда орган требует больше крови, он снабжается за счет остальной части тела, и особенно частей, наиболее близко прилегающих. Отчасти это механический эффект. Если все дома на террасе снабжаются водой из общего водопровода, то прорыв водопровода в одном из них сократит подачу воды в соседние дома больше, чем в дома в отдаленных частях города. Но сосудодвигательные нервы в своем компенсирующем регулировании идут дальше этого. Наперсток крови, извлеченный пиявкой, оказывает воздействие на нижележащий набухший орган, совершенно непропорциональное гидростатическим требованиям данного случая. “Обхватывание” поясницы уменьшает заложенность почек. Этим объясняется лечебная эффективность различных средств, которые с улучшением хирургии и внедрением более надежных лекарств почти исчезли из арсенала хирургов — скарификация, волдыри, сеточки и тому подобное. Такие методы были отнесены к ветеринарной практике.

Существует выраженная тенденция к распиливанию кожи и слизистой оболочки пищеварительного канала. Во время активного пищеварения, когда “спланхническая область” переполнена кровью, кожа холодная. Горячие напитки, расширяя сосуды кожи, уменьшают застойные явления в пищеварительном тракте. Воспаленное горло снимается компрессом на шею. И наоборот, следует признать, что у некоторых людей небольшое сужение сосудов кожи вызывает воспаление слизистой оболочки. Это одна из причин почти повсеместного страха перед сквозняками. Сквозняк охлаждает ограниченный участок кожи. Некоторые из нас культивируют любовь к сквознякам. Они являются наглядным свидетельством притока свежего воздуха. И все же мы неохотно признаем, что некоторые хрупкие смертные не совсем лишены воображения, полагая, что глоток может вызвать у них катар или зубную боль. Если спросить, почему они возражают против сквозняков, многие люди отвечают, что они “боятся простудиться”, возвращая нас ко времени, когда еще не был изобретен клинический



термометр; к дням, когда приступы озноба, или “окоченения”, которые впервые привлекают внимание к тому факту, что температура уже на два или три градуса выше нормы, считались началом болезни. Пациент вообразил, что “озноб” вызвал у него дрожь, и что если бы он не “подхватил” ее, то не заболел бы. Замена термина “простуда” на “ревматоидный артрит”, назвавший болезнь в честь одного из ее выдающихся симптомов, во многом способствовала увековечиванию этого суеверия. “Холод” - это слово, которое мы едва осмеливаемся произносить. Когда врачи больше не могли приписывать колдовству возникновение расстройств, которым у них не было другого объяснения, они изобрели блестящую теорию о том, что воспалительные заболевания — особенно желудка, печени и легких — вызываются “простудой”. Когда-то все болезни, которые явно не были заразными, были вызваны простудой. Открытие микробов и признание их вредоносной активности сорвало этот покров невежества почти с каждого случая аномального тканевого метаболизма. Сейчас признано, что зародыш - это болезнь, а не эффекты, которые он производит. Пневмония невозможна при отсутствии пневмококка, каким бы сильным ни был озноб, которому подвергся пациент, находясь на холоде и в сырости. Чихотка - это эффект, производимый туберкулезной палочкой. Если нет бацилл, не может быть и потребления. Тем не менее, эти два заболевания иллюстрируют возможность использования термина “простуда” без нарушения правил. Кокк пневмонии часто можно обнаружить во рту здорового человека. Если бы каждый, с кем туберкулезная палочка когда-либо вступала в контакт, неизбежно становился ее жертвой, ни один человек не был бы свободен от чихотки, если бы кто-нибудь еще выжил. Существуют состояния здоровья или, скорее, нездоровья, при которых экономика менее устойчива к микробам, чем обычно. По-видимому, возникновению такого состояния способствуют сосудодвигательные нарушения внутренних органов, вызванные охлаждением поверхности тела, если это происходит при других нарушениях здоровья.

На сосудодвигательную систему влияют эмоции. Немного сложно точно выразить связь между эмоциями и сосудодвигательными изменениями. Некоторые психологи рассматривают сосудодвигательные изменения как эмоцию. “Все эмоции, - говорит видный представитель этой точки зрения, - полностью обусловлены возбуждением определенного вида сосудодвигательного центра”. Человек, который вот-вот будет подвержен эмоции стыда, гнева, страха, отвращения, признает факт или обстоятельство, или совокупность обстоятельств, которые оправдывают эту эмоцию. (Мы предполагаем, что эмоции могут быть оправданы; что интеллектуальной оценки ситуации и обоснованного решения относительно действий, которых она требует, недостаточно.) Это осознание как интеллектуальный акт высшего мозга сопровождается определенными формами повышенной активности или подавления активности сосудодвигательного центра в продолговатом мозге, которые вызывают изменения в степени сокращения кровеносных сосудов определенных органов. Сосудистые изменения вызывают изменение состояния органа, которое отражается в нервных токах, посылаемых обратно в мозг, обеспечивая фон ощущений, составляющий эмоциональный тонус. Мы не готовы поддержать этот крайний взгляд на природу эмоции. Румянец девушки - это не эмоция смущения или стыда. Это ее гармония. Ее разум играет воздухом. Ощущения, возникающие при покраснении кожи лица, поддерживают его своим сопровождением. Эмоциональный тон удерживает внимание фиксированным на факте или обстоятельстве, которые привели ее к выводу, используя свой разум, что она оказалась в неловком положении. Эта фиксация внимания часто бывает настолько выраженной, что подавляет все остальные интеллектуальные действия. Девушка менее проворна, чем была бы, если бы эмоции не склеили ее мысли воедино, в распознавании

наиболее быстрого способа выпутаться из затруднительного положения. Все нервы, находящиеся в грудной клетке и брюшной полости, в очень ранние времена назывались “симпатическими”. Спинной мозг на шее был “маленьким симпатическим”. Название объясняет само себя; но следует понимать, что в те дни, когда печень, селезенка и сердце должны были изливать эмоции, оно подразумевало гораздо больше, чем сейчас. Блуждающий нерв был назван “средним симпатическим”. Стыд подавляет активность сосудосуживающих нервов лица; расширение сосудов, которые они питают, сопровождается сужением других кожных нервов. Мы думаем, что Киплинг, должно быть, приукрасил Натуру, когда он изображает очень невпечатляющего героя Лунгтунгпена, признавшегося: “Я никогда не краснел ни до, ни после; но я покраснел всем телом”. Обычно карминовый цвет лица контрастирует с бледностью и холодом рук. Тем не менее, мы не готовы утверждать, что в таких тяжелых обстоятельствах, как те, в которые попали рядовой Малвани и его товарищи, невозможно, чтобы все кожные констрикторные нервы ослабили свою хватку одновременно. Ужас усиливает контроль сосудодвигательного центра над сосудами кожи; он усиливает блуждающее торможение сердца. Даже отвращение, вызванное отвратительным зрелищем или неприятным запахом, может привести блуждающий нерв в действие с такой силой, что сердце остановится.

**Пuls.**—Артериальная система всегда напряжена. Давление в самых крупных артериях составляет около 140 миллиметров ртутного столба. Источником давления является биение сердца, которое толкает кровь вперед, преодолевая сопротивление, оказываемое ее потоку мельчайшими сосудами. При каждом ударе к уже переполненным сосудам добавляется еще 3 унции. Таким образом, в аорте кровь движется вперед рывками, но к тому времени, когда она достигает капилляров, периодическая поступающая сила поглощается эластичными стенками сосудов и возвращается в поток в виде постоянного давления. В самых маленьких артериях кровь течет ровным потоком. Если наблюдать за кровяными тельцами в капиллярном сосуде под микроскопом, они не обнаруживают изменений в частоте, синхронных с биением сердца. “Пuls” в более крупных артериях - это толчок, придаваемый столбику крови внезапным сокращением левого желудочка. Ее распространение по артериям станет понятным, если вспомнить, что кровь содержится в эластичных трубках. Первым следствием выброса в аорту дополнительного количества крови является растяжение ее стенки. Волна растяжения проходит по всем артериям тела с постепенно уменьшающейся силой.

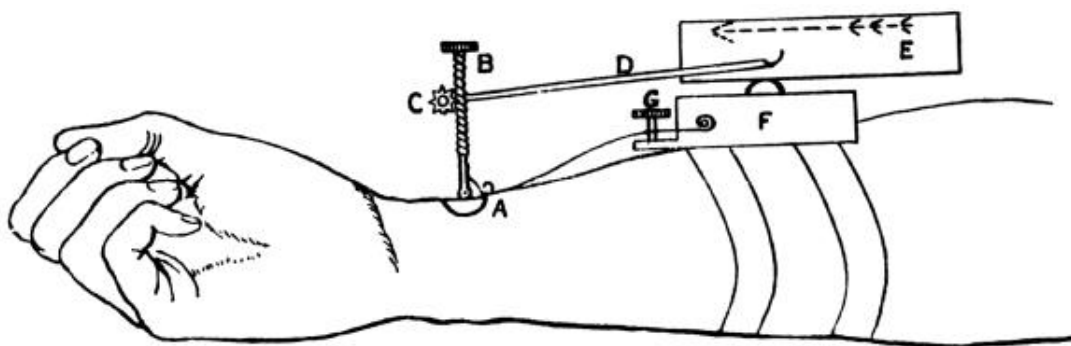
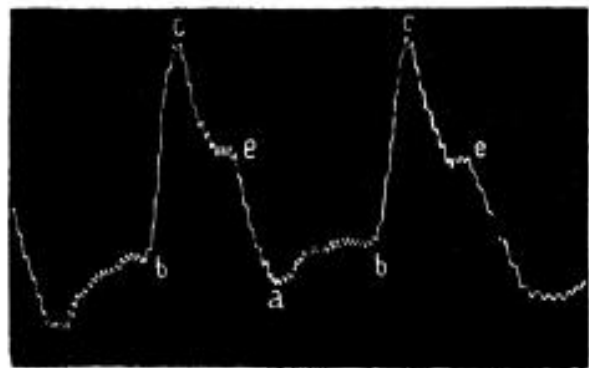


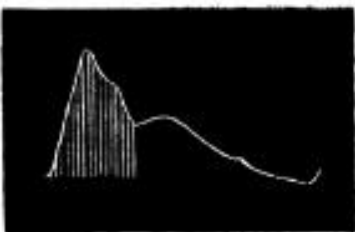
Рис. 14.Сфигмография.

А - Кнопка из слоновой кости, которая прижимается к коже над лучевой артерией металлической пружиной. В - непрерывный винт, который работает против зубчатого колеса С. При вращении В рычаг D поднимается в положение, при котором его острое царапает

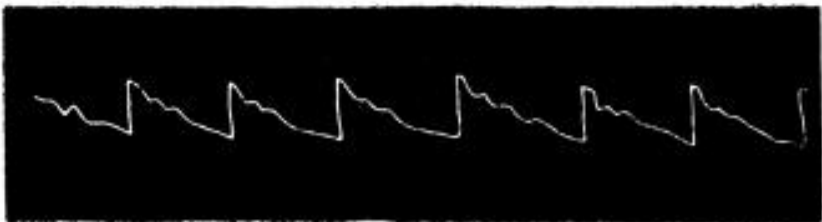
направляющую пластину E (покрытую почерневшей бумагой). F, коробка, содержащая часовой механизм, который движется, например, винт, с помощью которого давление пружины регулируется в соответствии с силой импульса.



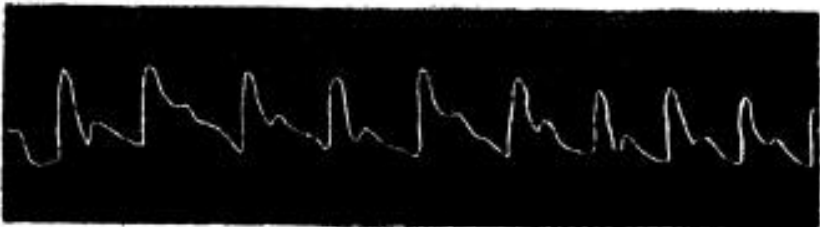
A



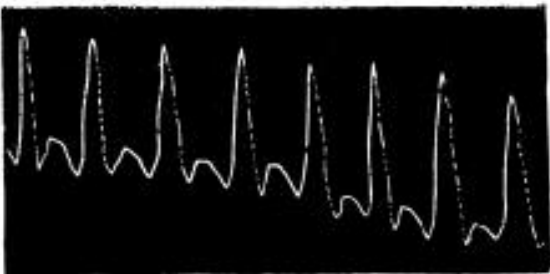
B



C



D



E



F

Рис. 15.

А - кардиограмма, или отслеживание сердечного ритма, записанное на почерневшей пластинке, закрепленной на конце вибрирующего камертона; *a-b*, систола предсердий; *b-e*, систола желудочков. От *c-e* сердце сокращается, когда кровь покидает его через аорту и легочную артерию. В, С, D, E, F, сфигмограммы. В заштрихован, чтобы показать часть пульсовой волны, которая соответствует систоле сердца. С - пульс высокого напряжения, свидетельствующий о крепком здоровье. D - пульс низкого напряжения. E - дикротический пульс лихорадки. F, усиленный пульс затвердевших (атероматозных) артерий.

По пульсу можно многое узнать о состоянии сосудистой системы, хотя невозможно сбалансировать влияние нескольких факторов, которые приводят к возникновению различных ее модификаций. Характер пульса зависит от силы, с которой бьется сердце, эффективности сердечных клапанов, количества циркулирующей крови, эластичности стенок артерий, степени их сокращения, сопротивления, оказываемого более мелкими сосудами. Отклонения от нормы могут приводить к чрезмерно высокому или чрезмерно низкому напряжению. Вместо внезапного подъема и более или менее постепенного спада, с малейшей возможной шероховатостью из-за вторичных волн, которая представляет собой здоровый пульс, подъем может быть короче, а его спад - продолжительнее. Это пульс высокого напряжения или жесткий пульс. Давление в артериях чрезмерно высокое, или стенки сосудов не такие эластичные, какими должны быть. Требуется значительное давление, чтобы стереть такой пульс — *m.e*. Не допустить его прохождения под пальцем. Как обратная сторона этого состояния, разница между началом пульса и его окончанием может быть очень заметной, сосуд внезапно расширяется и так же внезапно сжимается. Но требуется небольшое давление, чтобы остановить прохождение такого импульса низкого напряжения под пальцем. Обычно он имеет отчетливую вторичную или дикротическую волну. Пальцу, который стремится считывать пульс, необходимо некоторое тактильное обучение. Была выражена надежда, что личное уравнение будет иметь меньшее значение, если заявления о впечатлении, произведенном на наблюдателя, будут заменены механическими записями. Для этой цели были изобретены различные формы сфигмографов (*σφυγμός*, пульсовых). Обычно используемая форма (рис. 14) состоит из металлической пружины, которая отрегулирована таким образом, что кнопка под ее свободным концом давит на лучевую артерию на запястье. Сила, с которой он давит, регулируется винтом. При каждой пульсации его свободный конец приподнимается за счет растяжения и округления артерии. Его движение передается посредством непрерывного винта, прикрепленного к нему вертикально, к зубчатому колесу, которое, в свою очередь, поднимает рычаг. Кончик рычага царапает почерневшую бумагу, прикрепленную к пластинке, приводимой в движение часовым механизмом. Записи, сделанные таким образом, пригодятся для дальнейшего использования. Однако они не так ценны, как предполагалось. Форма контура в значительной степени зависит от величины давления, оказываемого пружиной, и величина давления должна быть адаптирована к сосудистому тону в каждом конкретном случае. Некоторые из наиболее интересных данных получены от пожилых людей, пораженных атеромой артерий. Это состояние, при котором из-за застарелого воспаления субэпителиальной оболочки сосудов артерии потеряли свою эластичность. Они твердые и неэластичные. Вместо того чтобы показывать обычную крутую поверхность пульсовой волны, резко поднимающуюся к своей высшей точке, трассировка поднимается вертикально на короткое расстояние, а затем имеет наклон вверх. Волна имеет плоскую вершину или свиную спинку.

Все пульсы являются дикротическими, хотя дикротизм может быть недостаточно выражен, чтобы его можно было прощупать пальцем. Выемка, отделяющая первичную волну от вторичной, образуется при закрытии, то есть при опускании аортального клапана. Длина волны от начала ее подъема до дикротической выемки соответствует периоду, в течение которого кровь поступает из сердца в аорту. Эта часть трассировки представляет систолу желудочка после форсирования полулунного клапана. Это толчок, оказываемый нижней части колонны дополнительными 3 унциями крови, поступающими в аорту. Затем усилие желудочка прекращается. Давление под полулунным клапаном меньше, чем над ним. Клапан закрывается. Если бы кровь содержалась в открытой пробирке, волна теперь прекратилась бы, за исключением вторичных колебаний, из-за инерции жидкости. Но артериальная система практически закрыта из-за тонкости трубок, на которые она в конечном итоге делится. Ее стенки эластичны. Они растягиваются, принимая давление и возвращая его снова во второй половине волны. При лихорадке, после употребления алкоголя и при других состояниях, при которых расширены тончайшие кровеносные сосуды, разделение между двумя частями волны очень выражено. Отчетливо ощущается дикротизм. Мы использовали выражение “тончайшие сосуды”, а не “капилляры”, потому что приписывание капиллярным сосудам всего периферического сопротивления привело к неправильному пониманию. Сопротивление оказывается во всей сосудистой системе, за исключением самых крупных вен. Оно наиболее выражено в мелких артериях, капиллярах и мелких венах. Он отрегулирован таким образом, чтобы упасть до нуля непосредственно перед тем, как кровь достигнет сердца.

---

## ГЛАВА X МУСКУЛЫ

Живая материя, протоплазма, раздражительна. Она реагирует на воздействия, оказываемые на нее окружающей средой. Эффективное воздействие, называемое “стимулом”, вызывает изменение в протоплазме в том месте, на которое оно действует. Из этого места изменение распространяется вовне в виде “импульса”. Говорят, что протоплазма “проводит”. Стимул можно сравнить с ударом, наносимым неподвижной, но эластичной массе; импульс - с вибрацией, распространяющейся от места удара. К сожалению, термин “стимул” используется как для обозначения палки, которая наносит удар, стимулятора или стимулирующего средства, так и для нанесения удара; но нарушения логики редко приводят к путанице в экспериментальной науке. Контекст указывает на конкретное применение термина. Проявление стимуляции — это физическое или химическое изменение, наиболее очевидное, когда речь идет о форме. Это изменение формы может произойти в стимулируемом месте или может быть перенесено на удаленную часть, к которой направляется импульс.

Приступая к изучению мышц и нервов, нам необходимо сформировать представление о природе этих трех функций — раздражимости, проводимости и изменчивости формы. Не то чтобы функции были столь же различны, как идеи, которые порождают эти три термина. Это три аспекта общей функции; хотя это размышление будет иметь большее значение, когда будут рассмотрены способы, которыми протоплазма реагирует на внешние воздействия.

Раздражитель может быть механическим, чем-то вроде удара, который смещает частицы протоплазмы; или он может быть химическим или термическим, разрушающим часть ее вещества; или электрическим, расщепляющим ионы ее молекул. Только последнее каким-либо образом напоминает естественный стимул; поскольку сама по себе электрическая стимуляция может быть повторена без каких-либо признаков повреждения стимулируемого вещества в процессе. Механические, термические, химические раздражители разрушают часть протоплазмы, на которую они воздействуют. Однако даже самый слабый электрический ток представляет собой грубое нарушение по сравнению с естественными раздражителями, такими как прикосновение, тепло, звук, свет. Существенным и наиболее отличительным качеством живой материи является ее возвращение в исходное состояние сразу после стимуляции. Она даже не ждет, пока стимулятор перестанет действовать. Эффективное воздействие - это внезапное изменение окружающей среды. На него следует внезапный ответ, за которым следует возвращение протоплазмы в состояние, в котором она находилась до воздействия внешней силы. Изменение протекает через протоплазму как временное изменение состояния, частицы, участвующие в его проведении, возвращаются в свое первоначальное состояние в тот момент, когда оно прошло. Ни одна неживая материя не реагирует на воздействие таким образом. Если камень бросить в пруд, от того места, куда он ударился, расходится волна; но это волна смещения, а не изменения состояния. Предположим, что пруд содержал раствор сахара, который при ударе камня превратился в уксус, и что зона уксуса распространилась наружу, а ликер по мере прохождения возвращался в состояние сахара и воды. Здесь мы должны увидеть некоторую аналогию с развитием импульса. Но ни одна неживая материя не ведет себя подобным образом. Лабораторный продукт может быть настолько нестабилен, что взрывается при встряхивании, переходя при малейшей провокации в более стабильное состояние. После взрыва он не возвращается в свое предыдущее напряженное состояние. Выбросив свою энергию, она продолжает движение на более низком уровне. Протоплазма расстается с энергией, чтобы восстановить ее снова. Она возвращается к нестабильности, приняв более стабильную форму.

Если мы хотим составить представление о причине раздражимости живой материи, мы должны иметь мысленную картину физических условий, которые отличают жизнь от смерти. Вся материя находится в состоянии движения. Она состоит из отдельных молекул, каждая из которых движется по своей орбите с огромной скоростью. Молекула - это скопление атомов. Размеры его орбиты зависят от количества и массы атомов в его скоплении. Если бы мы могли наблюдать за танцем молекул белков и других веществ, на которые распадается протоплазма при отмирании, мы бы увидели, что каждое отдельное скопление выполняет фигуру, соответствующую его массе, безразличную к движениям соседних групп. Но если бы в труппе была живая протоплазма, сцена была бы гораздо более оживленной; сейчас наши танцоры стремятся создать единую группу. Этого они никогда не смогут достичь. Существует физическое ограничение на количество танцоров, которые могут держаться вместе, пока музыка несет их широкими взмахами взад-вперед по танцполу. При каждом порыве ветра, врывающегося в открытую дверь, группа людей разбегается, чтобы снова взяться за руки, когда ветер стихает. Протоплазма всегда находится на грани нестабильности; всегда хватается за дополнительные атомы, которые она втягивает в свое кольцо; всегда стряхивает другие группы атомов, потому что кольцо слишком велико, чтобы удерживаться вместе. Прикоснись к нему, и он распадется на более простые комбинации. Убей его, и он превратится в смесь органических и неорганических соединений, которые мы знаем и можем назвать. Но пока она жива — то есть

пока это протоплазма, — происходят интеграция и дезинтеграция. Одновременное усложнение и упрощение - *это* жизнь. Молекула протоплазмы, если мы осмелимся думать о ней как о молекуле в том смысле, в каком химики используют этот термин, постоянно меняется. Именно ее изменчивость делает возможной стимуляцию. Раздражительность - это тенденция к диссоциации под влиянием внешней силы с повторной ассоциацией, когда сила перестает действовать.

Молекулы, которые собирает в себе протоплазма, могут быть классифицированы под заголовками кислород, пищевые продукты, вода и неорганические соли. Именно два последних в наибольшей степени влияют на его состояние, придавая ему способность демонстрировать явления жизни. Вода и растворенные в ней ионы солей, электролиты, связаны с другими элементами ее групп. Стремясь найти место для большего количества молекул воды и ионов, протоплазма расширяется. Она становится более подвижной и более раздражительной; ибо раздражимость и подвижность изменяются в зависимости от количества этих посторонних групп атомов, которые протоплазма в состоянии сбрасывать. Когда импульс проходит через него, они теряют свою хватку, восстанавливая ее по мере передачи импульса дальше. Этот прогресс в направлении расширения является тенденцией к развитию жизни; ускорение активности, которое приводит также к включению дополнительных атомов азотсодержащих веществ и последующему росту.

Противоположная тенденция направлена к смерти. Протоплазма сбрасывает посторонние группы атомов; замыкается в себе; теряет раздражительность; успокаивается для отдыха.

Молекулы белков проявляют свойство, которое, по-видимому, в некоторой степени присуще и живой материи. Когда нарушается их связь с водой, в которой они растворены, и содержащимися в ней электролитами, кажется, что они выходят из раствора, они коагулируют. Это нарушение вызывается нагреванием всех белков; у некоторых оно является результатом изменения количества соли в воде, в которой они растворены. Коагуляция в протоплазме является прелюдией к смерти; но, по-видимому, всякий раз, когда проводится импульс, делается шаг по этому нисходящему пути. Коагуляция происходит из-за кластеризации молекул белка. Когда протоплазма выделяет электролиты и воду, ее молекулы в некоторой степени группируются, восстанавливая свою независимость и присоединяя дополнительные группы атомов, поскольку причина, побудившая их искать спасения, проходит мимо.

Наше представление — не о жизни, а о "физической основе жизни" - может быть очень далеким от истины. Приведенный выше отчет задуман как нечто большее, чем намек на направления, по которым движется мысль в настоящее время. Читатель не должен рассматривать это как серьезную попытку подробно изложить взгляды кого-либо из работников, пытающихся применить результаты недавних открытий в молекулярной физике к решению проблем химии живой материи. Однако не может быть никаких сомнений в том, что мы находимся на пороге дальнейших достижений, которые позволят получить данные, на основе которых будет законно строить гипотезы. В настоящее время было бы неразумно делать больше, чем указывать направление, с которого, как можно надеяться, воссияет свет.

Стимул - это изменение обстоятельств, а не временное нарушение. Когда в нее пропускают электрический ток, протоплазма диссоциирует — с чем-то разделяется. Он мгновенно восстанавливает связь. Продолжающееся прохождение электрического тока не поддерживает его в диссоциированном состоянии. Когда ток отключается, внезапное изменение снова

действует как стимул. В определенных пределах эффективность электрического стимула зависит от его внезапности. Аналогично и со всеми другими стимулами, на которые реагирует протоплазма: дробление, горение, химическое разложение, которые эффективны в момент их возникновения. Когда они вызывают последовательность реакций, это происходит потому, что они продолжают вызывать изменения в протоплазме. Их продолжительное действие при обычных обстоятельствах не продлевает реакцию.

Реакция на стимуляцию распространяется в виде *импульса* через протоплазму. Импульс обычно сравнивают с волной, но уже было сказано достаточно, чтобы доказать, что это сравнение вводит в заблуждение. Это не та же природа, что волна, которую камень пускает по поверхности пруда, пульсация звука в воздухе или воде, колебание света или тепла в эфире. Эти различные виды волн представляют собой волны смещения, колебания сначала в одну сторону, а затем в другую. Импульс проходит через протоплазму, будь то явно диффузная протоплазма лейкоцитов или строго ориентированная протоплазма нерва или мышцы, как изменение, которое может быть описано как химическое, с оговорками относительно значения, допускаемого для этого термина. Мы можем без лишних слов изобразить падение (диссоциацию) и последующий подъем (ассоциацию) графически в виде волны; но даже тогда это всего лишь полуволна, причем перевернутая. Это очень отличается от поступательного продвижения процесса усиления, с которым его нередко путают.

Не вся протоплазма одинаково восприимчива к стимуляции. Вероятно, безопаснее представить это в другой форме. Протоплазма не везде одинаково подвержена стимуляции, и при особом воздействии стимуляции она тем или иным способом не является одинаково доступной для всех других действующих сил. Орган чувств - это совокупность клеток, в которых протоплазма расположена таким образом, чтобы быть восприимчивой к определенному виду раздражителя. Это "рецептор" для определенной силы. В то же время для его эффективности важно, чтобы он был невосприимчив к другим силам. Протоплазма в некоторых органах чувств кожи диссоциирует при сжатии, в других - при нагревании. Клетки этих рецепторов имеют определенную структуру, которая обнажает свою протоплазму таким образом, что она не может избежать диссоциации, когда, в одном случае, клетки сжимают или когда, в другом случае, их нагревают. Ухо содержит сенсорные клетки, устроенные таким образом, что содержащаяся в них протоплазма диссоциирует при воздействии звуковых пульсаций. В рецепторах языка и носа протоплазма подвергается воздействию химических раздражителей; в глазу она подвергается диссоциирующему действию света.

Протоплазма реагирует на внешнее воздействие. Она проводит импульсы, которые вызывает стимуляция. В конце концов импульсы, которые проходят по волокнам ткани, высокоспециализированным для целей проводимости, — нервам — достигают скоплений протоплазмы, которые расположены таким образом, что при их диссоциации высвобождается энергия. Крайне необходим всеобъемлющий термин для обозначения этого третьего существенного свойства протоплазмы - способности высвобождать энергию, которая характеризует "эффекторы". Внешняя сила, настолько малая по интенсивности, что ею можно пренебречь, когда мы имеем дело со счетами организма, воздействует на протоплазму рецептора. Результатом является изменение состояния. Изменение происходит в органе, высвобождающем энергию. Этот орган снабжается кровью, которая приносит ему пищу. Пища - это его хранилище энергии, сырье, из которого он производит свои боеприпасы. Когда импульс достигает органа, высвобождающего энергию, его протоплазма диссоциирует. Но здесь



протоплазма расположена так — клетки, которые ее содержат, имеют такую форму, — что при ее диссоциации в клетке происходят изменения; она меняет форму или выделяет в окружающую среду тепло, или электричество, или свет. Диссоциация и повторная ассоциация протоплазмы эффектора включает химические изменения. Молекулы воды и углекислоты отбрасываются. Энергия, пожертвованная на то, чтобы позволить материи упасть в эти очень стабильные формы, — это энергия, ставшая видимой, так сказать, при поднятии груза или рассеивании тепла. Его необходимо заменить, если орган хочет сохранить способность действовать, когда его достигнет следующий импульс. Чтобы заменить его, протоплазма забирает пищу и кислород из крови.

Высвобождение энергии, которое происходит при сокращении мышцы, не является особым явлением — чем-то, чего не происходит, когда мышца находится в состоянии покоя. Это интенсификация процесса, который происходит постоянно. Вещество мышц, как и нервов и любой другой ткани, всегда соединяется с кислородом и выделяет воду и углекислоту. Когда мы проводим ревизию счетов организма, мы записываем в дебет столько-то пищи и кислорода, мы зачисляем их на тот же вес воды и углекислоты; или мы списываем это с энергетического потенциала пищи, а в счет записываем проделанную механическую работу и тепло, выделяемое при окислении этой пищи. Пища — это бензин, сгорание которого приводит в движение автомобиль. Внешняя сила, стимулирующая рецептор, слишком незначительна по величине, чтобы принимать ее во внимание. Физиологи пренебрегают этим точно так же, как инженеры, оценивая эффективность двигателя, пренебрегают энергией, выделяемой свечой зажигания, которая воспламеняет бензин.

По сравнению с количеством энергии, фактически получаемой из окружающей среды при возбуждении сенсорной клетки глаза или уха, энергия, необходимая для запуска искусственного импульса в нерве, относительно огромна; однако хорошо известное сравнение энергии, передаваемой нерву в определенном эксперименте с нервно-мышечным препаратом лягушки, и энергии, затрачиваемой мышцей при сокращении, напоминает нам о том факте, что невозможно учесть даже этот элемент. Энергия, подаваемая к нерву от электрического конденсатора, составляла 0.001 эрг; энергия, затрачиваемая мышцей, достигала 100 000 эрг.

Легко определить объем механической работы, которая является результатом данного расхода энергии. Попеременно сгибая и разгибая суставы ног, человек поднимает свой вес на холм определенной высоты. Объем работы может измеряться в фут-фунтах или килограмметрах. Но это ни в коем случае не объясняет весь энергетический потенциал его пищи. Еще большее количество расходуется для поддержания тела в тепле или, что не маловероятно, для того, чтобы сделать его слишком теплым; в любом случае вырабатывается тепло, которое рассеивается в атмосферу. При проектировании машины внимание концентрируется на проблеме получения максимального результата в работе при заданном количестве топлива. Топливо стоит денег. Вся энергия, отводимая в виде тепла, тратится впустую. Каждая сэкономленная унция способствует экономии. Поэтому инженеры говорят об “эффективности” двигателя как о соотношении между фактически выполненной работой и работой, которая была бы выполнена, если бы энергия не тратилась впустую. В лучших паровых машинах оно составляет примерно 1 к 10. Поскольку основная функция мышц — выполнять механическую работу, физиологи склонны принять точку зрения инженера. Но в случае с мышцами это оправдано лишь в ограниченной степени. Температура тела теплокровного животного поддерживается выше, чем температура окружающего воздуха. Мышцы являются основными

производителями тепла. Если бы они направляли всю получаемую энергию на работу, они были бы неэффективны в отношении этой очень важной функции. Тем не менее, даже с точки зрения инженера, мышцы более эффективны, чем лучшие двигатели.

В отношении отдельных мышц практически невозможно с точностью определить количество пищи, всасываемой из крови, и отдачу мышцами энергетического потенциала, содержащегося в пище, при ее работе. Расчеты должны основываться на наблюдениях за потребляемой пищей, увеличением или потерей массы тела, работой, выполняемой человеком или животным в течение периода, длящегося несколько дней. Мы рассмотрим доказательства, полученные таким образом, в следующем разделе (стр. 149). Но независимо от того, изучаем ли мы отдельные мышцы или тело в целом, связь между работой и теплом варьируется в широких пределах. Действительно, различия настолько велики, что оправдывают вывод об отсутствии необходимой связи между этими двумя явлениями. Мышцы вырабатывают тепло, когда они находятся в состоянии покоя. Активность сопровождается повышенным выделением тепла; но, если это желательно, выделение тепла уменьшается до тех пор, пока оно не станет по отношению к производительности намного меньшим, чем в случае любого двигателя, который еще был изготовлен. В этой связи достаточно указать, что при определенных условиях отдача в работе может составлять примерно половину. Сравнение с искусственным двигателем любого вида не выдерживает критики. При сгорании в двигателе выделяется тепло, тепло вызывает расширение пара или газа, расширяющийся газ толкает поршень. В мышцах определенные атомы углерода, водорода и кислорода, содержащиеся в протоплазме, объединяются, образуя воду и углекислоту — соединения, слишком стабильные, чтобы их можно было повторно связать с остальными атомами молекулы протоплазмы. Они заменяются сложными, дающими энергию веществами - пищевыми продуктами - и кислородом, переносимым кровью. Их смещение приводит к изменению формы молекул, которое влечет за собой, из-за их особой ориентации, изменение формы мышцы в целом. Такое объяснение, возможно, более точное, чем того требуют наши знания в настоящее время; или, скорее, скажем, поскольку мы не знаем, что означает выражение “форма молекулы”, оно имеет вид точности, которая его не характеризует. Это просто призвано помочь читателю осознать безнадежность попыток сравнивать мускулы с каким-либо механическим приспособлением. В котле паровой машины тепло подается на воду до тех пор, пока ее молекулы не перестанут оставаться в столь близком агрегатном состоянии. Их орбиты значительно увеличиваются. Причиной тяги, придаваемой поршню двигателя, является увеличенная амплитуда движения молекул пара за ним. В двигателе внутреннего сгорания воспламеняется смесь бензина и воздуха. Энергия высвобождается при расщеплении нестабильного бензина на стабильную воду и углекислоту. Эта энергия нагревает газы, вызывая их расширение. Пустая трата энергии в виде тепла неизбежна в машине, движущая сила которой зависит от перемещения молекул. Источником мышечной силы (если это не внутримолекулярные изменения), безусловно, не является прямое увеличение амплитуды молекулярных колебаний.

Но мы не должны заключать, как нас склоняют сделать, что мышца способна высвободить при механической работе всю энергию, поступающую к ней с пищей, поскольку ее деятельность всегда сопровождается выделением большего количества тепла, чем можно отнести за счет трения. Если лампочку термометра вставить в группу мышц, прибор покажет заметное повышение температуры при сокращении мышц. Даже если температура в камере, в которую помещают животное, равна его собственной, животное выделяет больше тепла, если его

заставить работать, несмотря на тот факт, что последующее повышение температуры его тела может оказаться фатальным.

Мышцы также не могут отдавать неограниченное количество тепла без выполнения механической работы. Если мне слишком холодно, очевидный способ согреться - попрыгать. По-видимому, существует уровень выработки тепла, который не может быть превышен без движения. Когда требуется больше тепла, чем могут произвести неподвижные мышцы, они демонстрируют мимолетные сокращения, дрожь без движения конечностей. Сигнал к увеличению выработки подается кожей. Кожа ощущает количество теряемого тепла. Воздействие холодного воздуха вызывает дрожь из-за внезапного отвода тепла. Но повышение температуры крови под кожей оказывает точно такой же эффект. На первой стадии лихорадки, когда температура тела повысилась на два-три градуса и до того, как организм привык к такому положению дел, кожа сообщает мышцам, что тепло быстро теряется. Результатом является сильная дрожь, называемая "окаменением". В то же время контролируется потеря тепла за счет испарения, как и при замерзании кожи. Потовые железы становятся неактивными. Феномен, который отмечает ночное понижение температуры у больных чахоткой, - это внезапное возвращение активности в этих железах.

Мышца, когда она наиболее развита, имеет чрезвычайно определенную структуру. Она детально подразделяется на единицы, которые при рассмотрении отдельно кажутся простыми по конструкции. Мы склонны полагать, что далеко искать объяснение того, как работает каждое из этих устройств. Разочаровывает необходимость признать, что, несмотря на все размышления, которые были посвящены этой проблеме, мы как никогда далеки от окончательного решения. Мы понимаем принципы, на которых проектируются паровые машины, двигатели внутреннего сгорания, электродвигатели. Мы сравниваем мышцы с каждым из этих механических устройств по очереди, надеясь раскрыть принцип их построения. Было сформулировано много остроумных гипотез; но тот факт, что некоторые из них являются взаиморазрушающими, достаточно ясно показывает, что до сих пор не было сделано подхода к определенности. Вероятно, основная ошибка заключается в попытке сравнить мышцу с механическим приспособлением. Кажущаяся простота и регулярность строения "полосатой мышцы" вводит нас в заблуждение. Нам следовало бы начать наши исследования с другого конца шкалы подвижных тканей — начать с полужидкой и, по-видимому, однородной животной материи, продвигаясь вверх, к ткани, которая, будучи ограниченной одной функцией движения, и движения только в одном направлении, как бы кристаллизовалась вдоль силовых линий.

Вся протоплазма подвижна. Ее частицы насаждают одна на другую. Отсюда следует либо циркуляция живого вещества внутри клетки, либо изменение формы клетки. Эти два явления идентичны по своей природе. Циркуляцию лучше всего изучать на крупноклеточной прозрачной части растения. Для этой цели подходит нитевидный водоросль. Если рассмотреть его под микроскопом еще при жизни, видно, что его клетки содержат водянистый сок, заключенный в полости из более плотного клеточного вещества. Мостики из клеточного вещества охватывают эти пространства. Частицы, из которых эти мосты состоят находятся в состоянии постоянной потоковой передачи движения, которая, разумеется, никак не влияет на форму ячейки (см. *МФ. стр. 9*).

Одноклеточные амба животных, лейкоциты и некоторые споры растений лишены клеточной стенки (ср. с. 28). Их мягкая протоплазма не ограничена жесткой оболочкой. Когда она течет,

форма клетки меняется. Правда, мы не должны думать о телесной субстанции амбы как о гомогенной. Он обладает внутренней структурой. Однако, насколько мы можем видеть, его архитектура недостаточно фиксирована, чтобы ограничивать направления, в которых он может течь. Возможно любое изменение формы. Мы не можем найти в Природе изолированный сгусток живой протоплазмы; мы также не предполагаем, что, если бы мы его нашли, он оказался бы однородным. Представляется необходимым, чтобы протоплазма и метаплазма — эти термины не имеют химического значения; “первичный” и “вторичный” или “главный” и “вспомогательный” были бы одинаково различимы — были смешаны. Вытекание, по-видимому, происходит из-за изменений в поверхностных соотношениях двух веществ.

У многоклеточных животных определенные удлиненные клетки расположены группами, все их длинные оси направлены в одном направлении. Они могут изменять форму, уменьшаясь в длину, с эквивалентным увеличением в ширину. Поскольку все клетки группы претерпевают это изменение формы одновременно, результатом является изменение формы животного, частью которого они являются. Применяя опыт, который мы приобрели при изучении движений одноклеточных организмов, мы приходим к выводу, что эти удлиненные клетки состоят из двух веществ — протоплазмы и метаплазмы. Ограничение их способности изменять свою форму в одном направлении указывает на то, что их протоплазма и метаплазма не безразлично смешаны. Два вещества располагаются линиями в направлении длинной оси ячейки. Следовательно, когда происходит перетекание — когда ослабляется сила, удерживающая молекулы протоплазмы и метаплазмы в их соответствующих рядах, — линии утолщаются. Ячейка расширяется с эквивалентным уменьшением длины.

Мышечные волокна проявляют все степени специализации. Простейшие, “простые мышечные волокна”, находятся в стенке пищеварительного тракта, кровеносных сосудах, протоках, в ткани селезенки, в коже, и в других местах. Каждое волокно представляет собой веретенообразную клетку. За исключением центрального ядра и небольшого количества зернистой протоплазмы, в которую встроено ядро, клетка может не иметь никаких архитектурных особенностей. Но в большинстве разновидностей гладких мышц, и особенно в мышцах пищеварительного тракта, вещество волокон исчерчено в продольном направлении. Это видимое свидетельство ориентации молекул протоплазмы и метаплазмы в направлении длинной оси волокна. Это показывает, что поток частиц происходит вдоль этих линий. Это, так сказать, диаграмма силовых линий.

Сердечная мышца уже была описана (стр. 224). Его исчерченность, которая бывает как поперечной, так и продольной, настолько тонкая, что почти не поддается микроскопическому анализу. Поперечные полосы темнее и отчетливее. Но внимательное изучение показывает, что поперечные полосы не указывают направление, в котором ориентированы частицы клеточного вещества. Они ориентированы в продольном направлении. Ячейка представляет собой пучок стержней из вещества А, встроенных в вещество В. Поперечная маркировка представляет собой очень тонкие линии, которые пересекают пучки под прямым углом.

Третья разновидность мышц - это мышцы, с помощью которых осуществляется передвижение. Они присутствуют в больших количествах — во всей красной ткани, к которой обычно применяется термин “мясо”. На его долю приходится около 35% от массы тела. Этот вид мышц состоит не из отдельных клеток, а из составных клеток, или клеточных комплексов, называемых “волокнами”. Волокно может достигать длины более 2 дюймов при ширине около  $1/500$  дюйма. В

большинстве случаев волокна прикреплены одним концом к кости, другим - к сухожилию; и поскольку они короче мышцы в целом, сухожилие начинается как мембрана, покрывающая поверхность мышцы, спускаясь к ней от кости, к которой прикреплены волокна другими концами. Волокно развивается из одной клетки. Клетка удлиняется, ее ядро делится, а дочерние ядра делятся до тех пор, пока не образуется несколько сотен; но деления клетки не следует. В результате образуется цилиндрическая масса, заключенная в тонкую мембранозную оболочку, сарколемму. На ранних стадиях развития ее ядра находятся в оси волокна, но впоследствии они смещаются наружу. В наиболее высокоспециализированной мышце, известной как “белая” разновидность, они расположены непосредственно под сарколеммой (ср. рис. 16, Б).

Особенностью этого типа мышц является их поперечная исчерченность, почти математически правильная. Обычно о поперечно-полосатых мышцах говорят как о “произвольных”, потому что по большей части они находятся под контролем Воли; но этот термин, поскольку он подразумевает связь между структурой и способом приведения в действие, вводит в заблуждение. Поперечная исчерченность свидетельствует о способности к быстрым действиям. Мышцы, которыми руководит Воля, проявляют проворство; но поперечно—полосатые мышцы, которые не подчиняются Воле, встречаются в определенных ситуациях - *например*, в верхней части пищевода. И наоборот, многие животные могут добровольно приводить в действие мышцы, которые не являются полосатыми. Индейка расправляет свои перья, приводя в движение небольшие группы “простых” волокон, которые натягивают эластичные сухожилия, прикрепленные к кончикам заглубленных концов их стержней. Гладкая мышца сокращается менее быстро и расслабляется медленнее, чем полосатая разновидность. Сердечная мышца действует быстрее, чем гладкая, но не удерживает сокращение так долго.

Не все полосатые мышцы одинаково быстры. Различают две разновидности: “белые волокна”, которые внезапно реагируют на единичный стимул и быстро расслабляются; “красные волокна”, которые реагируют более неторопливо, но дольше остаются напряженными. В некоторых мышцах эти два типа волокон перемешаны. Другие полностью красные или полностью белые. Всем знаком тот контраст, который белое мясо индейки или домашней птицы представляет по сравнению с красным мясом дичи и хищных птиц. В грудке тетерева слой белой мускулатуры перекрывает красную массу. При приготовлении птицы разница в цвете становится отчетливой. Из двух мышц, которые у кролика соответствуют нашим икроножным мышцам, поверхностная, икроножная, белая; более глубокая, камбаловидная, красная. Первый действует как на коленный, так и на голеностопный суставы; второй - только на голеностопный сустав. Мышца, действуя на большем расстоянии, должна сокращаться быстрее, белая; более короткая и медленно действующая мышца красного цвета. Эксперимент показывает, что красные и белые мышцы отличаются разницей в скорости, с которой они реагируют на электрический ток. Это также показывает, что белые мышцы истощаются раньше, чем красные. Он не может давать так много последовательных реакций на стимуляцию без отдыха. Рассматривая мельчайшую структуру полосатых мышц, мы обнаружим разницу между двумя их разновидностями, которую мы сможем соотнести с различными способами их действия. Все человеческие мышцы относятся к красному типу.

Самые эффективные мышечные волокна в животном мире находятся у насекомых. Это не удивит никого, кто задумывается о способности насекомых двигаться. Если бы человек мог подпрыгнуть во столько раз больше своего роста, чем блоха, он бы преодолел купол собора

Святого Павла. Муравей может тащить предмет, в шестьдесят раз тяжелее себя, без колес под ним для уменьшения трения. В тех же условиях лошадь не может тащить намного больше собственного веса. Утверждается, что стрекоза - хотя мы не встречали человека, который гарантировал бы, что он сделал это наблюдение, — может поддерживать свое тяжелое тело в воздухе быстрой вибрацией крыльев в течение двадцати четырех часов без посадки. Стрекот сверчка получается при трении друг о друга его задних лапок. Во многом таким же образом издает свой боевой клич комар. Высота звука доказывает, что мышцы насекомого сокращаются и расслабляются не менее 300 раз в секунду. Ни одно из этих значений не должно применяться без оговорок при оценке относительной силы мышц насекомого и человека. Вес за весом, мышца блохи не настолько сильнее нашей, как можно было бы предположить из цифр. Чтобы установить численное соотношение, необходимо сравнить общее поперечное сечение двух главных сегментов лапы блохи с поперечным сечением мышц-разгибателей бедра и икры человека, а вес человека - с весом блохи. Тем не менее, после того, как были сделаны все выводы, налицо значительное превосходство насекомого в отношении силы его мышц, их быстроты сокращения и способности повторять сокращения без утомления. Мышца насекомого является наиболее подходящей из всех, которые можно получить для микроскопического исследования. Ее рисунок крупнее и отчетливее, чем у других животных. То, что рисунок должен быть крупнее, не совсем то, чего можно было ожидать. Мы бы не удивились, если бы нашли более точный рисунок в более эффективном типе.

Нет ничего проще, чем смонтировать образец мышцы насекомого. Крупный водяной жук (*Dytiscus marginalis*) - отличный объект для исследования. С ним так легко обращаться. Отрезав животному голову, из грудной клетки вытаскивают ногу. Его вскрывают перочинным ножом, и немного мышцы извлекается из твердого футляра, помещается на чистое предметное стекло и накрывается покровной салфеткой. Если подготовка была произведена быстро и чисто, мышца остается живой в течение пяти-десяти минут. Его можно не только изучать с помощью микроскопа без изменения реагентами, но и при наиболее благоприятных обстоятельствах наблюдать за развитием вдоль его волокон волн сокращения. Структуру волокон легче разглядеть, если в приготовленный продукт добавить немного солевого раствора или яичного белка.

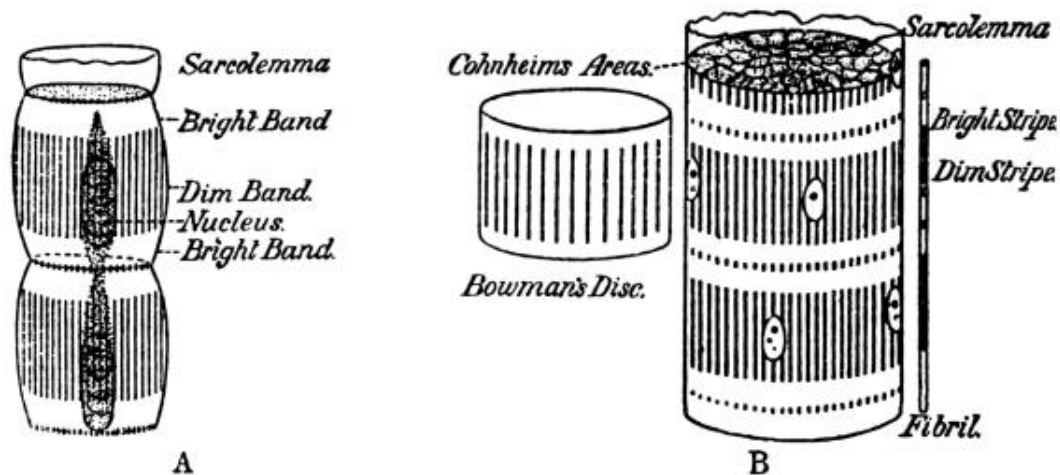


Рис. 16.—А, Крошечная часть мышечного волокна насекомого, сильно увеличенная. Б, Белое волокно мышцы млекопитающего.

А, ядра находятся в сердцевине волокна. Б, ядра лежат непосредственно под сарколеммой. Диск слева от этого волокна и фибрилла справа от него показывают два способа расщепления поперечно-полосатых мышечных волокон. Темная линия, или ряд точек, известна как линия Доби, или мембрана Краузе. Рисунки строго схематичны.

Полосатую мышцу пересекают полосы, тусклые, яркие и темные. Последовательность следующая: начиная с очень тонкой темной линии, которая часто выглядит как ряд точек, следующая полоса яркая; затем идет тусклая полоса примерно в два раза шире яркой; затем еще одна яркая полоса. Эта последовательность повторяется с исключительной регулярностью от конца к концу волокна. Обычно полосы пересекают волокно по всей ширине, хотя иногда оно разделено продольными линиями на части, в которых расслоение немного смещено назад или вперед. Сегмент волокна содержит вещество между двумя темными линиями — *то есть* двумя светлыми полосами с тусклой полосой между ними. Если мышцу затвердели в одной из жидкостей, обычно используемых для подготовки тканей к микроскопированию, зафиксировав два ее конца, скажем, привязав их к огрызку спички, чтобы она не могла сжаться, появляется тонкая четкая линия, пересекающая середину тусклой полосы. Это, по-видимому, показывает, что волокно состоит не из отдельных тусклых дисков между двумя яркими дисками, а из пар, включающих половину тусклого диска и яркий диск. Тонкие темные линии указывают на то, что волокно разделено на отсеки поперечными перегородками, которые, вероятно, сетчатые. Появление поперечной линии из точек вместо непрерывной линии связано с наличием очень тонких продольных отметин (небезопасно давать им название, обозначающее структуру). Там, где продольные линии пересекаются с поперечными, оптическим эффектом является появление точки.

Если кусочки мышц поместить в раствор осминовой кислоты, они становятся твердыми и ломкими, а их маркировка усиливается. Мышца из клешни краба или омара очень подходит для этой цели, благодаря исключительному отсутствию соединительной ткани. После такого отверждения волокна легко разделяются с помощью игл на фибриллы неизмеримо тонкой толщины. На изолированной фибрилле с предельной отчетливостью видно чередование темных, ярких, тусклых, ярких, темных отметин, уже описанных. Внешний вид поперечного сечения волокна также доказывает, что это пучок фибрилл. Обрезанные концы фибрилл выглядят как точки, окруженные однородным веществом. В этом отношении существует важное различие между красными мышцами и белыми. В красных волокнах фибрилл меньше и толще, чем в белых, а вкрапляющего вещества больше. Обычно предполагается, что гомогенное вещество, саркоплазма, является питательной протоплазмой волокна, а фибриллы - сократительными элементами. Чем полнее дифференцировка волокна в фибриллы, тем быстрее его действие; чем обильнее саркоплазма, тем больше ее способность к продолжительной работе.

Если наблюдать за живым мышечным волокном, когда по нему проходит волна сокращения, причем концы волокна свободны, так что его укорочение не предотвращается, то можно заметить, что расширение волокна сопровождается истончением, вплоть до стирания, ярких полос. Тусклые диски расширяются в стороны без какого-либо заметного уменьшения их толщины. Это выглядит так, как будто яркие диски или что-то, содержащееся в ярких дисках, было поглощено тусклыми дисками. Волокно, как мы уже указывали, исчерчено в продольном направлении. Исчерченность более отчетливо видна на тусклых дисках, чем на ярких. То, что тусклый диск имеет архитектурную структуру, отсутствующую у яркого диска, не вызывает



сомнений, когда мышечное волокно освещается поляризованным светом. Затем обнаруживается, что тусклый диск преломляет вдвойне, а яркий диск - нет. Когда призма в трубке микроскопа расположена так, чтобы ее ось была перпендикулярна оси призмы, которая находится между источником света и рампой микроскопа, видна последовательность ярких полос, соответствующих тусклым полосам, видимым при неполяризованном освещении. Остальная часть волокна невидима, потому что оно не обладает свойством искажать колебания света, которые нижняя призма установила в одной плоскости. Различные гипотезы относительно причины сокращения, или, правильнее сказать, относительно того, что происходит во время сокращения, были основаны на истончении светлых дисков. Предполагается, что тусклые диски имеют четкую структуру, которой нет у ярких дисков. Считается, что они пронизаны порами или состоят из коротких стержней. Микроскописты, придерживающиеся последней точки зрения, полагают, что во время сокращения более текучее вещество, саркоплазма, занимающая светлые полосы, втягивается в тусклые полосы между короткими палочками, или саркостами, которые, следовательно, разделены более широко.

Никакая ткань не может быть более неподходящей для микроскопического исследования, чем мышца, ибо ни одна другая не создает таких оптических трудностей. Это будет очевидно любому, кто ознакомится с уже приведенным описанием маркировки, которую он демонстрирует. Какой бы ни была истинная интерпретация этих обозначений, ясно, что они указывают на почти бесконечное умножение мельчайших элементов, отрегулированных с абсолютной точностью бок о бок и из конца в конец. Цилиндр, заполненный этими прозрачными объектами, должен просматриваться в проходящем свете. Элементы, какой бы ни была их природа, преломляют свет в разной степени. Невозможно исключить эффекты внутреннего отражения, преломления и интерференции световых волн. Наиболее привлекательную гипотезу следует принимать со значительной долей сдержанности. Любой факт, который, по-видимому, противоречит этому, должен быть принят во внимание. Изложенная выше точка зрения в общих чертах очень привлекательна для всех, кто хочет отнести мышцы к категории тренажеров. Предположим, мы принимаем гипотезу о том, что тусклая полоса представляет собой пластинку из саркостией, окруженную саркоплазмой, тогда импульс, достигающий волокна, вызывает изменение поверхностных отношений стержней к веществу, в которое они погружены. Молекулы жидкости из ярких полос втягиваются между ними; стержни раздвигаются все дальше друг от друга; волокно расширяется с соответствующим уменьшением длины. Это переводит мышечное сокращение в категорию явлений, которые играют наиболее важную роль в обеспечении разнообразной деятельности животного механизма. Сокращение происходит за счет осмоса.

Разделение мышцы на фибриллы после затвердения, по-видимому, не подтверждает ни стержневую, ни пористую гипотезу о структуре тусклого диска. Однако следует помнить, что перед разделением фибрилл вещество волокна коагулируется. Таким образом, жидкость в светлом диске, возможно, стала такой же частью фибриллы, как и стержень в тусклом диске. Продольную исчерченность гладких мышц и появление непрерывной фибрилляции в сердечной мышце труднее согласовать с гипотезой о том, что полосатая мышца состоит из прерывистых стержней.

Мышца преобразует энергию, поступающую к ней с кровью, в механическую работу. Сомнительно, что какая-либо гипотеза относительно структуры поможет нам понять, каким



образом осуществляется это преобразование. Объяснения соблазнительны, но ко всем попыткам объяснить связь между молекулярными изменениями и изменением формы следует относиться с подозрением. Совершенно ясно, что мышцу как мотор нельзя сравнивать ни с одной из известных нам форм моторики. Также ясно, что теория мышц должна быть применима ко всем их разновидностям — полосатым, сердцевидным и гладким. Она должна охватывать изменения в форме эмбриона и потоковые движения протоплазмы внутри растительной клетки. Вероятно, она должна простираться дальше и охватывать разряд электричества электрическим органом и излучение света лампой светлячка. Мы находимся на земле, настолько ненадежной, что не уверены, можем ли, пересекая ее, с уверенностью полагаться на законы термодинамики; а сомнение в применимости этих законов к живой ткани почти нарушает душевное равновесие человека. До тех пор, пока у нас не будет доказательств обратного, мы обязаны выбросить подобные опасения из головы. Если мы вообще позволяем этому влиять на нас, то лишь до такой степени, что заставляем нас колебаться при предположении, что объяснение мышечного сокращения может быть основано на аналогии между мышцами и любыми известными механическими приспособлениями для выработки энергии, не исключая даже устройства, предназначенные для измерения осмотической силы.

Если живая мышца заморожена, растереть со снегом, содержащим 0,6% жира. из хлористой натриевой кислоты, помещенной на фильтр, жидкая плазма проходит через фильтр по мере оттаивания смеси. Подобно плазме крови, она сворачивается самопроизвольно - однако, насколько известно, без вмешательства фермента.

Все мышцы становятся ригидными после смерти вследствие свертывания их плазмы. Раньше считалось, что сокращение — это стадия на пути к ригидности - стадия, после которой мышца, пока она жива, восстанавливается. Эта точка зрения была основана на том факте, что истощенная мышца — такая, например, как у загнанного зайца - становится ригидной гораздо раньше, чем отдохнувшая мышца. Но у этого явления есть другое объяснение. Установление мышечного трупного окоченения происходит из-за выработки молочной кислоты (одного из продуктов жизнедеятельности активных мышц). Чем больше этого готового продукта образуется в момент смерти, тем быстрее происходит свертывание мышечной плазмы. Образование молочной кислоты происходит из-за дефицита кислорода. Пока мышца получает столько кислорода, сколько ей нужно, ее метаболизм завершен. Продуктами окисления, которые она теряет, являются вода и углекислота. Это верно и в отношении изменений, которые происходят после смерти. Если полоску мышцы подвесить в атмосфере кислорода, в ней не образуется молочная кислота и она не становится жесткой. Если, с другой стороны, запас кислорода иссяк до наступления смерти, трупное окоченение наступает очень быстро. Мертвой лягушке требуется много времени, чтобы окоченеть, и ее окоченение носит временный характер. До момента смерти лягушка поглощает кислород через легкие, и даже после смерти она, вероятно, поглощает его, как и при жизни, через кожу. Рыба очень быстро становится жесткой. В течение некоторого времени после того, как его поймали, он продолжает жить; но, поскольку он не может дышать воздухом, каждая молекула кислорода, которая была в его теле, когда он покидал воду, израсходована до того, как он умрет.

В организме человека трупное окоченение обычно наступает через два-четыре часа после смерти и длится около двух дней; но как быстрота его проявления, так и продолжительность зависят от различных обстоятельств. Когда мышцы становятся ригидными, они сокращаются, приводя в движение конечности, и укорочение происходит в большей степени, чем можно было

бы объяснить простой коагуляцией мышечной плазмы. Очевидно, что коагуляции предшествует процесс, подобный функциональному сокращению. Многие наблюдатели в камере смерти были поражены дрожанием кровати. Даже звук, напоминающий вздох, может быть вызван сокращением мышц грудной клетки. Приложив руку к области сердца, санитар обнаруживает, что тело теплее, чем было, когда жизнь угасла, поскольку с тех пор произошло сильное окисление.

Какие химические изменения происходят в мышце, когда она сокращается? Каков химический источник ее энергии? Выделяется углекислота. Это единственный продукт, который мы можем собрать и измерить; но считается само собой разумеющимся, что атомы водорода также соединяются с кислородом, образуя воду. Нет никаких оснований думать, что азот удаляется из молекул его протоплазмы с какой-либо большей скоростью во время активности мышц, чем когда они находятся в состоянии покоя (ср. с. 212). Происходит ли окисление немедленно и полностью или оно происходит поэтапно? В течение многих лет внимание было приковано к молочной кислоте, отчасти потому, что это вещество содержится в мышцах, которые были сокращены в экспериментальных условиях, отчасти потому, что теоретически гликоген (животный крахмал) считается наиболее важным из мышечных продуктов питания. Молочная кислота— $C_3H_6O_3$ —имеет тот же процентный состав в виде гликогена— $C_6H_{12}O_6$ . Его образование из гликогена просто включает в себя перестановку атомов. Предполагалось, что в первую очередь образуется молочная кислота, а затем, при достаточном поступлении кислорода, окисляется до углекислоты и воды. Но против этой гипотезы можно возражать по разным причинам. Несомненно, молочная кислота появляется при недостатке кислорода. При любых обстоятельствах и во всех тканях образуется определенное ее количество. Есть основания полагать, что она уносит азот, который расходуется впустую, в виде лактамида. Но из этого не следует, что при нормальных условиях, когда мышцы обильно снабжаются кровью, молочная кислота появляется в сколь-либо большем количестве во время активности, чем во время отдыха. Гипотеза основана на неправильном представлении, которое мы уже пытались исправить. Трудно уйти от аналогии с паровой машиной. Паровой двигатель сделан из железа и латуни. Эти материалы подвержены износу; но они не являются источником его энергии. Его мощность обусловлена сгоранием топлива. Физиологи ранее говорили, что мышцы состоят из протоплазмы. При работе она изнашивается, высвобождая креатин и другие азотистые остатки. Ее топливом является гликоген. Однако сейчас этот вопрос рассматривается иначе. Протоплазма - это не только машина, но и источник энергии. Гликоген не сжигается в структуре протоплазмы. Когда мышцы сокращаются, протоплазма выбрасывает  $CO_2$  и  $H_2O$ . Гликоген - это пища, наиболее готовая восстановить утраченные атомы.

Еще одним соображением, противоречащим гипотезе превращения гликогена в молочную кислоту, является бесполезность такого превращения с физической точки зрения.

Стабильность атомов  $C_3H_6O_3$  так чуть больше, чем атомов  $C_6H_{12}O_6$ , что практически нет энергии освобождается, когда одно вещество превращается в другое. Однако мы не можем упускать из виду тот факт, что образование кислоты может быть средством глубокого изменения состояния коллоидных веществ, растворенных в клеточном соке. Молочный казеин свертывается, когда молоко становится кислым. Нейтрализация слабощелочного раствора белка (а мышца слабощелочная) приведет к его выбросу из раствора. Появление молочной кислоты может быть тесно связано с движением протоплазмы, и все же превращение гликогена в молочную кислоту не является источником энергии, затрачиваемой мышцами.

**Усталость.**—Для продолжения деятельности мышцам необходим достаточный запас пищи и кислорода. Если кровь, которая распределяет пищу, циркулирует должным образом, а печень, огромное хранилище пищи, хорошо хранится, свежие запасы поступают в мышцы по мере необходимости. Есть мышцы — например, глазные и сердечные, — которые никогда не истощаются. Какой бы продолжительной ни была их деятельность, они извлекают пищу из крови так же быстро, как растрачивают ее; утверждение, которое, возможно, нуждается в уточнении добавлением: “до тех пор, пока требуемая от них работа такова, что можно разумно ожидать”. Если в картинной галерее держать глаза поднятыми в течение часа или более, возникает головная боль. Наши глазные мышцы взяли на себя свои обязанности, понимая, что мы смотрим вниз или прямо вперед гораздо чаще, чем вверх. Если от дальнотзорного ребенка требуется сфокусировать взгляд на печатной странице без помощи очков, результатом может стать не просто головная боль, а настоящее заболевание мозга. Цилиарная мышца внутри глазного яблока, которая обеспечивает аккомодацию глаза при восприятии близких объектов, чрезмерно напряжена. Даже использование нашего современного шрифта, высота которого по вертикали превышает ширину, который заменил квадратные латинские буквы, вероятно, связано с развитием астигматизма хрусталика и, таким образом, косвенно является причиной головной боли. Авторитетно утверждается, что вертикальный астигматизм, наиболее распространенная форма, отсутствует в глазах детей до того, как они научатся читать. Головная боль - это преувеличение чувства усталости. Это может быть истолковано как выражение нежелания мозга заставлять себя работать; протест, к которому всегда нужно прислушиваться, несмотря на то, что из этого не обязательно следует, что нежелание работать является результатом переутомления. Запор, раздражение чувствительных нервов желудка, передозировка мозга алкоголем и многие другие причины могут через сосудодвигательную систему создавать состояния, которые обычно возникают в результате чрезмерно длительной активности. Тот факт, что центральное нарушение, головная боль, возникает в результате чрезмерной мышечной работы, привлекает наше внимание к двойной природе механизма, связанного с движением. Мышцы приводятся в движение благодаря вмешательству нервной системы. После того, как они поработали в необычной степени, связанные с ними нервные центры устают. Это, по крайней мере, законный вывод из того факта, что головная боль возникает, когда определенные мышцы глазного яблока подвергаются неправильному напряжению. Но следует помнить, что мышцы глазного яблока никогда не устают. Они, как и другие произвольные мышцы, не дают знать, что нуждаются в отдыхе. Не совсем ясно, что центральный механизм каким-либо образом связан с усталостью, возникающей при чрезмерном использовании рук или ног. Мышцы конечностей (и центральная нервная система) защищены ощущениями, которые возникают в мышцах, когда они перегружены работой. Тот факт, что усталый человек может, если чрезвычайная ситуация требует активности, использовать свои мышцы с такой же энергией, как если бы он только что встал с постели, приводился в качестве аргумента в пользу точки зрения, что переутомление имеет центральное происхождение; но это аргумент, который работает в обоих направлениях. Сильная эмоция вызывает бурный отклик нервной системы. Усталые мышцы энергично сокращаются, когда достигающие их импульсы достаточно срочны.

Ничто так определенно не выводит мышцы из категории тренажеров, как их склонность к утомлению. Говорить о мышце как об утомленной - значит, конечно, переносить на объект термин, который применим только к феномену сознания; но необходимо, если не использовать громоздкого выражения, обозначить таким образом воздействие на мышцу длительной

деятельности. В баке может быть мало бензина, но количество, сжигаемое в цилиндре при каждом такте, не уменьшается. Если изолированную мышцу многократно стимулировать электрическим током определенной силы, реакция, которую она производит, улучшается на первые два или три индукционных удара; затем она начинает ослабевать. При каждом последующем спазме мышца укорачивается немного меньше, чем раньше. Более примечательным, чем уменьшение объема работы, выполняемой мышцей, которая начинает уставать, является увеличение времени, затрачиваемого как на сокращение, так и на расслабление. Кроме того, было показано, что усталость, сопровождающая сокращение изолированной мышцы, не является состоянием, зависящим от сокращения запаса энергии, которым она обладала, когда впервые была задействована. Мышцы, не нарушенные в отношении кровоснабжения и сокращающиеся под руководством Воли, также демонстрируют это. Говоря в целом, можно сказать, что утомление мышц происходит не столько из-за истощения их запасов пищи, сколько из-за накопления продуктов действия. Энергия восстанавливается уставшей мышце путем пропускания через ее кровеносные сосуды струи солевого раствора, который не приносит ей пищи, но смывает часть отходов жизнедеятельности. Но проблема гораздо сложнее этой. Оборудование не просто забито продуктами своей собственной деятельности. Если кровь уставшего животного впрыснуть в сосуды того, которое отдыхает, в мышцах последнего проявятся явления усталости. Очевидно, мышцы обеспечивают самозащиту. Во время физической активности он вырабатывает "вещество усталости", которое отравляет его собственные нервные окончания, делая их худшими проводниками от нерва к мышце команд, поступающих от мозга. Вещество, вызывающее усталость, не только притупляет нервные окончания в конкретной сокращенной мышце, но и, распространяясь с кровью по всему телу, производит общий эффект. Если ноги подвергались серьезной нагрузке, они проявляют усталость в высшей степени; но после долгой ходьбы руки также становятся менее подготовленными и дееспособными, чем того требует состояние их питания.

Состояние скованности, испытываемое в течение дня или двух после чрезмерных физических нагрузок, обусловлено различными причинами в совокупности. Тот факт, что это можно исправить, стимулируя кровообращение в наиболее пораженных мышцах, например, с помощью горячих ванн и массажа, побуждает нас приписать это также в значительной степени накоплению продуктов действия; но средства, принимаемые для уменьшения скованности, способствуют питанию мышц, как давая им больше пищи, так и удаляя отходы их жизнедеятельности.

Столь же примечательным в самозащитном расположении мышц, которое запрещает им выполнять, за исключением случаев все более срочных сигналов от центральной нервной системы, больше, чем часть работы, на которую они способны, является их подготовка к удовлетворению возросших потребностей. Она растет по мере использования. Бег увеличивает обхват ноги, особенно развивая мышцы икры. Поднятие тяжестей увеличивает мышцы плеча и руки. Использование-рост может достигать неудобных пропорций. Ничто так не бросается в глаза во время тренировок молодых спортсменов, чья чувствительность к питанию находится на пике, как их готовность пройти стадию, на которой они "накачаны мышцами". Их ноги становятся больше, но темп замедляется.

Развитию с помощью упражнений сильной мышечной системы в последние годы уделяется много внимания. Наши предки культивировали силу и ловкость в определенных движениях, не

уделяя особого внимания мышцам, с помощью которых эти движения выполнялись. В наши дни модно подчеркивать важность поддержания обильной мускулатуры из-за ее связи с общей “физической формой”. Баланс между мышечной активностью и органическими функциями, который соблюдается каждым, кто проводит активный отпуск, несомненно, доказывает, что состояние различных желез, сердца и кровеносных сосудов в некоторой степени зависит от состояния мышц. Возможно, они выделяют в кровь другие “вестники” в дополнение к веществу-посланнику усталости, чей зов пробуждает органы пищеварения. Человек, которому настолько повезло, что он может использовать свои мышцы на свежем воздухе, не нуждается в упражнениях в своей ванной. При отсутствии возможностей для занятий на свежем воздухе многое можно сделать, систематически используя различные мышцы, работающие против сопротивления. Утверждается, и мы не склонны оспаривать справедливость этого утверждения, что движения, выполняемые при полной степени ментального согласия, оказывают более быстрое воздействие на рост мышц, чем действия, более или менее бессознательные. Мышца и нерв - это части единого механизма. Возможно, что фиксация внимания на упражнении и наблюдение за его выполнением в зеркале способствует питанию мышц за счет усиления влияния на их нервы, возможно, за счет улучшения питания их нервного центра. К сожалению, это одна из многих теорий, которые вряд ли поддаются контрольному эксперименту. Если бы можно было сосредоточить внимание на движениях правой руки, а затем рассеянно повторить их с такой же энергией левой, то можно было бы установить, есть ли что-нибудь в этой идее. Два других утверждения относительно наилучшего способа выполнения движений с целью стимулирования мышечного роста, по-видимому, оправданы их результатами. Считается, что работа с умеренной или легкой нагрузкой более эффективна, чем сильное напряжение мышц. Говорят, что небольшое количество максимальных сокращений вызывает более быстрый рост, чем многие частичные сокращения. Согласно этой схеме, когда конкретная мышца нуждается в укреплении, потому что в определенном действии она должна быть главным исполнителем, ее заставляют сводить два ее конца настолько близко друг к другу, насколько позволяет схема ее прикрепления. Максимальное сокращение, по-видимому, благоприятно для кровоснабжения и в других отношениях способствует питанию.

**Тонус.**—До сих пор мы говорили о покое и активности, как будто мышцы ничего не делают, когда не сокращаются заметно. Эти термины могут создать неправильное впечатление. Мышцы никогда не бездействуют. Во время сна, а тем более когда человек находится под воздействием анестетиков, мышцы приближаются к состоянию механизмов в состоянии покоя. Но опять же, язык мастерской неприменим. Когда обезглавленная лягушка висит на крючке, ее лапки слегка согнуты. Все его мышцы слабо сокращены, если мы понимаем под сокращением состояние, при котором длина мышцы меньше, чем была бы, если бы она не была живой. Но сгибатели более напряжены, чем разгибатели, отсюда искривление бедра, колена и лодыжки. Если перерезаны чувствительные корешки седалищного нерва, нога выпрямляется. Пока нерв был цел, вес конечностей действовал как раздражитель для чувствительных нервных окончаний, вызывая рефлекторный “тонус” мышц-сгибателей через спинной мозг. Тонус мышц-разгибателей был ниже, потому что они не растягивались под весом конечностей. Каждый сустав находится под влиянием мышц-антагонистов, которые постоянно наблюдают друг за другом. Когда конечность вытянута, сгибатели становятся беспокойными. Когда она согнута, разгибатели готовятся к пружинению. Только когда она наполовину согнута, есть что-то, приближающееся к перемирию. И это в большинстве случаев наиболее комфортное положение. Но даже в состоянии покоя мышцы все еще сохраняют определенную степень тонуса. Тенденция к

укорачиванию в одном подходе заставляет его тянуться к своим противникам и, таким образом, повышает тонус их противников. Когда мышца сокращается, она не поднимает расшатанную кость. Это должно преодолеть тонус мышц, который вызвал бы движение в противоположном направлении. И здесь вступает в игру другая настройка. Тот же самый грубый стимул, который приводит к сокращению А, запускает импульсы более тонкого рода для В, направляя его на ослабление своего тонуса. Мы видели, как сердце и кровеносные сосуды находятся под влиянием двух наборов нервов противоположного знака — анаболического, снижающего раздражительность; катаболического, повышающего ее. Все мышцы находятся под одинаковым управлением; но мы редко можем обнаружить влияние анаболических, тормозных нервов, тормозов, потому что катаболические проявления в подавляющем большинстве случаев бросаются в глаза. Мы должны довольствоваться двумя экспериментальными демонстрациями. У животного были перерезаны подколенные сухожилия; таким образом, мышцы-сгибатели бедра отделены от своих креплений ниже колена. Тонус мышцы-разгибателя поддерживает этот сустав вытянутым. Если теперь пощекотать подушечку стопы, мышцы-сгибатели сокращаются точно так же, как они бы это делали, если бы все еще были в состоянии выполнять рефлекторное действие по поднятию стопы. Они не могут этого сделать, потому что их сухожилия разделены; тем не менее, колено сгибается благодаря рефлекторному расслаблению мышц-разгибателей. Еще более поразительное свидетельство взаимного сокращения и расслабления представляют клешневидные мышцы рака. Слабый раздражитель нерва заставляет клешню раскрываться; более сильный раздражитель заставляет ее закрываться. Оба эти движения обусловлены не “сокращением”, а изменением тона. При определенных условиях ток, пропущенный через его отводящую мышцу, при этом коготь в это время открыт, вызывает смыкание, подавляя тонус этой мышцы. В этом случае раздражитель воздействует непосредственно на мышцу, производя эффект, противоположный тому, который мы привыкли связывать со стимуляцией; вместо сокращения наступает расслабление.

Сокращение мышц при перемещении чего-либо производит впечатление положительного явления. Расслабление кажется отрицательным — прекращение сокращения - и в очень большой степени такое отношение ума оправдано. Возвращение мышцы к ее полной длине происходит либо за счет растяжения под действием поднятого веса, либо за счет антагонизма других мышц. Изолированная мышца, лежащая в луже ртути, не восстанавливается в полную длину после сокращения. Но необходимо отказаться от идеи тренажера. Машина отдает всю энергию, которая у нее есть в запасе. Мышцы чрезвычайно экономны. Никакой стимул не может заставить их расстаться с большей частью своей энергии. Восстановление - такая же определенная функция, как и нарушение. Машина запускается при перемещении рукоятки, останавливается при ее замене. Мышцам присуща определенная степень автоматизма, хотя их склонность действовать самостоятельно почти полностью передана управляющей нервной системе. Мышца и нерв работают вместе, и эффективность мышцы зависит от поддержания ее связи с нервом. Если нерв перерезан, мышца атрофируется. Мы не будем останавливаться на рассмотрении вопроса о том, можно ли правильно отнести истощение к неиспользованию или к вазомоторным изменениям. В своей низшей форме нервное влияние проявляется в регуляции питания мышц. Несколько более убедительная демонстрация контроля проявляется в регулировании тона. Максимум достигается, когда волна разрушения, прошедшая по нерву, заражает протоплазму мышцы с той же тенденцией к распаду. Мышечная субстанция взрывается. Мышца укорачивается.

Замечательное доказательство существования мышечного тонуса дает **коленный рефлекс**. Посадите человека на стул с прямой спинкой, ноги скрестите, мышцы расслаблены, ступни свободно свисают. Ножом для разрезания бумаги, концом стетоскопа или даже рукой, используемой ребром, постучите по связке, соединяющей его коленную чашечку с голенью. За касанием немедленно следует рывок стопы вперед. Сокращаются глубокие мышцы бедра, большая и поперечная мышцы. Это явление легко объяснить. Когда мы стоим прямо, туловище опирается на три сустава, из которых один — тазобедренный — представляет собой идеальную опору, а два других — коленный и голеностопный — имеют тот же порядок, что и отсутствие каких-либо приспособлений для их фиксации. Если бы мышцы передней и задней поверхности ноги постоянно не регулировали наше равновесие, не наклоняли туловище вперед, когда оно откидывается назад, и не отводили его назад, когда оно наклоняется вперед, суставы ноги согнулись бы под нами вдвое. Фотограф знает, как мало доверия следует питать к утверждению человека о том, что он способен стоять на месте. Эти качели с попеременным сокращением и расслаблением поддерживаются посредством нервных импульсов, которые исходят от нервных окончаний, окружающих отдельные пучки сухожилий, или от телец Пачини, которые в изобилии встречаются по соседству с сухожилиями и связками, или от искусно скрученных нервных волокон, обнаруженных в мышечных веретенах, или, возможно, от всех трех классов. Мышцы и сухожилия в изобилии снабжены органами чувств, чувствительными к давлению и растяжению. Существует множество нервных окончаний на выбор. Малейшее изменение в их напряжении, будь то из-за сокращения самой мышцы или воздействия на нее других мышц или отягощений, регистрируется не только в спинном мозге, но также в коре мозжечка, и, если сокращение является актом воли, в коре большого мозга. Хотя это была кожа, которая была затронута, кожные нервы не имеют никакого отношения к толчку. Это было результатом небольшого внезапного растяжения. Короче говоря, тональный механизм был обманут. Обратите внимание на положение ноги. Колено полусогнуто; ступня свободно свисает. Мышцам-разгибателям бедра нечего делать. Сейчас, если вообще когда-либо, у них есть основания дремать. Неудивительно, что внезапное растяжение связок застает их врасплох или что при пробуждении они совершенно необоснованно вздрагивают. Это явление, как мы утверждали, легко объяснить. Его также было бы легко объяснить, если бы не чрезвычайная быстрота, с которой толчок следует за касанием. Интервал составляет около одной сотой секунды. Считается, что он слишком короткий, чтобы импульс мог подняться по чувствительному нерву, пройти через спинной мозг и спуститься по двигательному нерву. Верно, что эти рефлексy приспособления должны находиться на другом уровне, чем другие рефлексy. Тональные импульсы, которые их вызывают, непрерывно циркулируют туда-сюда от органов чувств к нервным окончаниям. Пути, по которым они следуют, должны быть наиболее открытыми в нервной системе. Рецепторы и эффекторы должны, по выражению электрика, постоянно включаться; или, чтобы выразить аналогию более точно, механизмы тонуса сгибателей и разгибателей постоянно и взаимно включают и выключают друг друга. Следует признать, что очень трудно объяснить коленный толчок, если это не рефлекторное действие, а, как предполагалось, прямая реакция мышц бедра на их собственное растяжение. Последняя гипотеза, по-видимому, несовместима с ее зависимостью от поддержания нервной связи мышц со спинным мозгом. Ее нельзя выявить, если “спинномозговая дуга” не повреждена. Это прекращается после разрыва сенсорных или двигательных корешков. Этого также не произойдет, если будет прекращено кровоснабжение нижнего конца спинного мозга. Еще труднее объяснить его необычайную симпатию ко всему, что происходит во всей нервной системе, если импульсы, вызывающие ее, не проходят через спинной мозг. С помощью очень

простого механического устройства можно записать амплитуду толчка коленом. Нога перемещает рычаг, который записывает на движущейся поверхности. Толчок вызывается ударом часового механизма, пристегнутого к голени. Таким образом, можно продлить период наблюдения на несколько часов подряд, при этом испытуемый полностью забывает о движении, которое его нога совершает раз в секунду, если она скрыта от его взгляда. В глубоком сне подергивания прекращаются; но субъект может дремать, и все равно подергивания следуют за постукиванием. А запись, сделанная его ногой, отражает все изменения в его нервной системе. Если он сжимает кулак, движение усиливается, как это бывает, когда ребенок плачет, зажигается лампа, у него чешется ухо. В соседней комнате играет музыка. Его нога - это дирижерская палочка, отбивающая *фортиссимо* Вагнера, а "Lieder ohne Worte" убаюкивает под *фортепиано*. В ясный день этот спинной пульс бьется весело. В пасмурную, унылую погоду он вялый. Коленный рефлекс - это руководство врача по состоянию нервной системы.

**Эластичность мышц.**—Мышцы очень растяжимы и после растяжения возвращаются к своей первоначальной длине. Их эластичность является качеством, имеющим большое практическое значение. Это позволяет им встретить внезапное сопротивление без разрыва, как при падении человека с высоты. В момент касания ногами земли упругость ослабляет удар. Затем растяжение мышц рефлекторно приводит к повышению их тонуса. Здесь мы видим преимущество в коротком времени реакции при толчке коленом. Тонус вступает в игру задолго до того, как импульсы, генерируемые при соприкосновении подошвы стопы с землей, успевают достичь головного мозга или даже вызвать рефлекторное сокращение через спинной мозг. Эластичность мышц также полезна при выполнении определенных внезапных действий. Горошину перебрасывают через комнату, прижимая большой палец к подушечке или мизинец к большому пальцу и рывком отпуская ее.

Электрическое изменение сопровождается импульсом при его прохождении по нерву и волной сокращения при его прохождении по мышце. В 1788 году Гальвани заметил, что задние конечности лягушки, подвешенные металлическим крюком к металлическим перилам, подергивались, когда ветер ударял их о прутья. Крючок прошел через поясничное сплетение нервов. Он понял, что причиной подергивания было замыкание цепи. Рождение динамического, или гальванического электричества, восходит к этому наблюдению; и с тех пор, как это явление было впервые замечено, электрические изменения в нервно-мышечных препаратах, изготовленных из лягушачьих лапок, были излюбленными объектами исследований. Многие наблюдения относительно нервной проводимости и сокращения мышц могут быть сделаны, и многие эксперименты проведены без специального оборудования. У лягушки, убитой путем отрезания головы или помещения ее под стакан с комом ваты, смоченной хлороформом, снимают кожу с ножки, обнажая мышцы цвета хаки, голубоватые сухожилия и ярко-белые нити нервов. Отрезается участок самого крупного нерва задней поверхности бедра, седалищного. Затем отсекаются все мышцы бедра и кость перерезается поперек чуть выше колена. Кости ниже колена удаляют, поверхностной мышце икроножной мышцы оставляют свободно висеть, ее раздвоенный конец прикрепляют к фрагменту бедренной кости. Ее нижний конец, заканчивающийся ахиллисом, с введением в выступ пятки, остается неповрежденным. Кость фиксируется зажимом. К ахиллису подвешен легкий рычаг, сделанный из деревянной перекладки. Затем нерв можно стимулировать различными способами: раздавливая щипцами, прижигая раскаленной иглой, прикасаясь каплей глицерина или крепким раствором соли. Но из всех методов стимуляции лучшим является ток от



индукционной катушки. Поскольку он не повреждает нерв, его можно применять так часто, как это может быть желательно. Любитель, снабженный индукционной катушкой, может изучить связь между стимулом и реакцией. Он может варьировать силу стимула и вес, который должна поднимать мышца. Он может наблюдать прогрессирующее утомление и иным образом получать много информации о поведении мышц как изолированного элемента аппарата.

Целью эксперта является получение абсолютно точных записей временных фаз и изменений электрического потенциала нервов и мышц в различных экспериментальных условиях. Для этой цели ему нужен самый лучший аппарат, который могут предоставить производители инструментов, а также знания и ловкость, необходимые для его использования. Рассмотрим, например, запись об изменении формы. Нервно-мышечный препарат, полученный уже описанным способом, расположен так, что острие рычага царапает быстро перемещающуюся почерневшую поверхность. Когда мышца сокращается, она создает “трассировку”. Камертон, вибрирующий, скажем, со скоростью 400 колебаний в секунду, также оставляет след на той же подвижной пластине. Легко определить время нескольких фаз сокращения и расслабления, сравнив их с колебаниями, производимыми камертоном. Посредством индукционного шока в нерве генерируется единичный импульс и вызывается единичный спазм в мышце. Наш анализ показывает, что спазм длится около одной десятой секунды, и что примерно половину этого времени занимает сокращение, а половину - расслабление. Но восходящая кривая обычно немного круче нисходящей, а вершина немного ближе к началу подъема, чем к окончанию спуска. Электрический сигнал отмечал момент, когда в нерв был направлен ток. Таким образом, можно оценить время, затраченное импульсом на прохождение от места, где электрический ток вошел в нерв, до его соединения с мышцей. Сокращение начинается настолько раньше или позже, в зависимости от того, ближе или дальше от мышцы наносится удар. Перемещая электроды вверх и вниз по нерву, непосредственно измеряется скорость распространения импульса. По истечении времени, затраченного импульсом на достижение мышцы, кажется, что все еще существует интервал, прежде чем мышца начнет сокращаться. Это было названо “латентным периодом”, поскольку создавалось впечатление, что на самом деле некоторое время теряется на превращение нервного импульса в мышечный. Предполагалось, что импульс находится в латентном состоянии в концевых пластинках нерва. Были сформулированы различные гипотезы относительно природы трансформации. О прогрессивном совершенствовании аппарата и методов свидетельствует уменьшение в этот скрытый период, как указано в учебниках последующих десятилетий. Сейчас он равен  $1/400$  секунды и рассматривается большинством физиологов как задержка из-за инертности мышцы. Благодаря ее эластичности молекулярные изменения в мышце не сразу влияют на ее форму. Когда латентный период кажется более длительным — скажем,  $1/100$  секунды - баланс нарушается из-за инерции регистрирующего устройства. Обычно кривая показывает подъем продолжительностью  $4/100$  секунды и падение, занимающее  $5/100$ , из-за того, что инерция мышц и аппарата задерживает начало подъема, но не ускоряет окончание падения.

Когда импульс генерируется искусственно с помощью индукционного шока, результатом является единственный спазм или подергивание; но в природе сокращение никогда не ограничивается одним подергиванием. Импульсы, идущие от двигательной нервной клетки к мышце, всегда ритмичны. В нервах человека они следуют со скоростью восемь-десять импульсов в секунду; и поскольку в наших мышцах сокращение и расслабление занимают больше времени, чем у лягушки, второй импульс достигает мышцы до того, как исчезнет эффект первого. Мышца не успела расслабиться, как ее снова призывают сокращаться. Отсюда

суммирование сокращений. Мышца продолжает сокращаться до тех пор, пока не будет достигнут максимум сокращения. Это состояние называется “столбняк”, чтобы отличать его от единичного спазма. При полном сокращении длина мышцы может сократиться наполовину или даже на две трети.

Было бы невозможно рассматривать **электрические явления**, проявляемые нервами и мышцами, не предполагая некоторого знакомства с методами и законами физики. Поскольку это противоречит нашему взаимопониманию с нашими читателями, мы должны довольствоваться изложением нескольких важных фактов. В момент прохождения импульса по нерву или волны сокращения вдоль мышцы электрический потенциал активной части структуры, будь то нерв или мышца, отличается от электрического потенциала бездействующих частей по обе стороны от него. Аккумулятор в его наиболее распространенной форме представляет собой стеклянный сосуд, содержащий серную кислоту, в который погружены цинковая и медная пластины. Цинк является электроположительным по отношению к меди. В мышце сокращенная часть является электроположительной по отношению к несжатым частям. Степень положительности можно измерить, соединив мышцу в двух точках двумя проводами гальванометра. Когда один провод входит в контакт с сокращенной частью, а другой - с частью, которая не сокращена, через гальванометр проходит ток, заставляя его стрелку качаться; и поскольку волна сокращения не является стационарной, а проходит вниз по мышце, ток впоследствии меняется на противоположный. Волна как бы сначала наклоняет вверх один конец, а затем, проходя дальше, наклоняет вверх другой, опуская первый. Сжатое пятно является электроположительным по отношению к не сжатому пятну, а затем последнее, сокращаясь, становится электроположительным по отношению к первому, которое расслабилось. Стрелка гальванометра качается сначала влево, затем вправо. Важность этого метода исследования заключается в том факте, что электрическое изменение точно отражает, как по времени, так и по интенсивности, изменения, происходящие в нервах и мышцах. Следуя ему, мы можем установить скорость, с которой импульс проходит по нерву. Мы можем определить его длину и “форму”. Представленный на бумаге, это волна. У теплокровных животных эта волна распространяется со скоростью 35 метров в секунду. Когда он достигает мышцы, его скорость, то есть скорость, с которой волна сокращения проникает в мышцу, составляет 6 метров в секунду. Время, в течение которого любой конкретный участок мышцы остается сокращенным в единичном спазме под воздействием искусственного раздражителя, составляет около 0,05 секунды. Длина волны составляет от 300 до 400 миллиметров. Эти измерения дают нам очень четкое представление о событиях, происходящих в нервно-мышечной системе. Импульс, подхваченный двигательной клеткой спинного мозга, проходит по ее аксону — позже названному нервным волокном - с большой скоростью. Даже самая удаленная мышца достигается менее чем за одну тридцатую секунды. От концевой пластинки нерва он проходит в обоих направлениях вдоль мышечного волокна - или группы волокон, поскольку каждый нерв делится на ответвления для тридцати-сорока мышечных волокон — с уменьшенной скоростью. Каждая частица каждого волокна поднимается и опускается; но, поскольку волна сжатия намного длиннее волокна, все волокно одновременно находится в состоянии сжатия, хотя и не с одинаковой силой по всей длине.

Мы не можем отказаться от дальнейшего рассмотрения электрических явлений в нервах и мышцах без некоторого исследования их значения. Очевидно, что они тесно связаны с

молекулярными изменениями, которые составляют импульс. Но в настоящее время физика явлений находится за пределами нашего понимания. Мы можем говорить в общих чертах о диссоциации ионов; но на самом деле мы не знаем, что происходит в точке, находящейся в состоянии импульса. Мы не можем привести трансформацию, которую он претерпевает, в соответствие с химическими и физическими преобразованиями, которые мы понимаем. Вероятно, электрические явления, которые его характеризуют, не свойственны мышцам и нервам. Все изменения состояния в жизни имеют одну и ту же природу. Клеточная активность, или протоплазматическая активность, если использовать более точный термин, где бы она ни происходила, сопровождается электрическими изменениями. Но случается так, что нервное вещество и мышечное вещество имеют определенную ориентацию, которая придает электрической силе кумулятивный эффект. В клетке печени она рассеяна во всех направлениях. В мышце изменение потенциала на одной частице добавляется к изменению на следующей, пока сумма всех этих изменений, передаваемых по длине волокна, не станет достаточно большой, чтобы отклонить стрелку гальванометра. Благодаря своему обобщению он привлекает наше внимание.

Хотя они не могут определить истинное значение электродвижущего изменения, которое знаменует прохождение импульса, физиологи сейчас находятся в гораздо лучшем положении, чем раньше, чтобы опровергнуть некоторые популярные заблуждения. Не существует такого понятия, как “нервная сила” в вульгарном смысле. Нерв не передает энергию мышце. Мышца получает энергию, которую она выделяет при сокращении, из пищи, которой ее снабжает кровь. Нерв передает возбуждение. Сверхвозбудимость - это признак не силы, а слабости. Также импульс в нерве не является электрическим током. Он может быть вызван ударом электрическим током, но химический стимул не менее эффективен. Низкая скорость, с которой он распространяется по сравнению с электричеством, совершенно не сопоставляет его с электрическим током. С другой стороны, его относительно быстрое развитие в равной степени исключает гипотезу о том, что это движение ионов, поскольку это явление наблюдается в растворах солей.

Какова природа процесса, посредством которого энергия передается по нерву? Говоря о прохождении импульсов от рецепторов к центральной нервной системе, а через нее к эффекторам, мы использовали расплывчатое выражение “молекулярные изменения”, чтобы избежать необходимости быть более точными. Но проблема представляет такой глубокий интерес, что мы с нетерпением ищем любой намек на направление, с которого в конечном итоге будет пролит свет на нее. Недавние открытия, касающиеся природы электричества, в сочетании с проводимыми в настоящее время исследованиями физического строения белковых веществ, дают больше, чем намек. До сих пор выбор лежал между химическим и физическим объяснением; теперь граница между химией и физикой, всегда зыбкая, исчезла. Гипотеза о том, что импульс представляет собой последовательность химических изменений, в прошлом означала, что “волна” была вызвана окислением веществ, содержащихся в нерве, с выделением  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Различные соображения делают такой метаболизм вещества, из которого состоят нервные волокна, маловероятным. Во-первых, тела нервных клеток содержат запас материала, тигроидов (с. 320), который явно используется во время нервной деятельности. Таким образом, по-видимому, именно тигроиды, а не вещество нервного волокна, обеспечивают передачу энергии по нерву. С другой стороны, аксон нервного волокна, заключенный как бы в жировую трубку, особенно неподходящ для приема пищи, которая была бы необходима для восполнения отходов, если бы его метаболизм был неустойчивым и

временами чрезмерным. Нервы также не имеют ничего, кроме очень скудного кровоснабжения. Во-вторых, наблюдения не дают никаких подтверждений гипотезе о непостоянстве обмена веществ. В активном состоянии нерв выделяет не больше  $\text{CO}_2$ , чем в пассивном. Он также не становится кислым. В-третьих, нервы, или, если быть совсем точным, продолговатые нервы, неутомимы. Их способность к проводимости не снижается при предыдущем употреблении, как это было бы, если бы это зависело от их запаса питательных веществ. Эти различные соображения исключают “химическое” объяснение старомодного типа. Преждевременно делать что-то большее, чем набросать “физическую” теорию, которой, по-видимому, суждено занять свое место; и читатель, возможно, простит, если ради ясности изложит дело с неоправданной определенностью и простотой. Белковые вещества состоят из кластеров молекул. Форма кластеров зависит от солей (или, точнее, ионов), с которыми они связаны, а ассоциации зависят от электрических зарядов, которые несут ионы. В покоящейся протоплазме нервов скопления невелики, и, поскольку общая площадь поверхности ряда небольших сфер больше, чем площадь поверхности вещества того же веса при конденсации в большие сферы, имеется, так сказать, больше поверхности, за которую ионы могут цепляться. И наоборот, когда ионы покидают небольшие кластеры, последние не защищены от влияния взаимного притяжения. Они сливаются в более крупные кластеры. Слияние доводится до крайних пределов, когда белок коагулирует. Нервный импульс - это “волна” частичной коагуляции. Положительное электричество, вырабатываемое в теле клетки в результате метаболизма ее тигроидов, отталкивает положительно заряженные ионы, которые цепляются за ближайшие скопления протоплазмы в аксоне. Подобно акробатам, перепрыгивающим с трапеции на трапецию, каждый пролет ионов вытесняет ионы из скоплений перед ним; и таким образом возмущение распространяется вниз по аксону в виде электрической волны.

Таким образом, мы интерпретируем тень, отбрасываемую теорией, с которой любой из нескольких первопроходцев, усердно совершающих восхождение, может в любой момент ознакомиться. Проводимость протоплазмы (а то, что верно в отношении ее проводимости, как будет обнаружено, в равной степени относится к ее раздражаемости и изменчивости формы) обусловлена готовностью, с которой ее молекулы вступают в нестабильные ассоциации с электролитами. Нестабильность этих ассоциаций связана со склонностью молекул к группированию. Импульс передается по нерву в виде перемещения ионов; ионы переносятся от одной молекулы или группы молекул к следующей. Такое объяснение импульса не предполагает химического распада нервного вещества во время его прохождения по нерву. Он передает метаболизм, который высвобождает энергию (усиливая импульсы, возникшие в органах чувств), телам нервных клеток. Она основана на определенных экспериментальных данных, которые, по-видимому, были установлены; но, как и все другие гипотезы, которые предназначены для объяснения физиологических явлений, эта гипотеза должна быть подвергнута проверке путем изменения условий, при которых импульсы проходят по нервам, и выяснения, соответствует ли последующее изменение силы, частоты и других атрибутов явлений физическим законам. Применяя эти тесты к активности протоплазмы, мы, однако, сталкиваемся с непреодолимой трудностью. Материя, передающая нервные импульсы, живая. У нас нет лабораторных стандартов, по которым можно судить о том, согласуются ли изменения в проводимости, вызванные изменением состояния проводника, с физической теорией или нет. Мы имеем дело с протоплазмой, а не со смесью белков в растворе. Если мы окружим нерв азотом, он потеряет свою проводимость за пять часов, чтобы восстановить ее, когда кислород заменит нейтральный газ. Это рассматривалось как доказательство того, что метаболизм нерва необходим для

передачи импульсов. Но проводимость - это явление жизни. Лишение кислорода в течение пяти часов должно привести нервное вещество на грань гибели. Можно было бы возразить, что сохранение нервом в течение столь длительного времени его способности проводить импульсы показывает, что его метаболизм не является причиной этого явления. Опять же, было показано, что согревание нервов хладнокровных животных значительно увеличивает скорость проводимости. В нервах “лапки” слизняка оно увеличивается более чем вдвое - и аналогичное увеличение было доказано для нервов лягушки - при повышении температуры на  $10^{\circ}\text{C}$ . Размышляя о результатах этого эксперимента, физик воскликнул бы: “Тогда импульс - это волна химических изменений. Повышение температуры на  $10^{\circ}\text{C}$  увеличивает скорость химических процессов в два-три раза, тогда как ни один известный физический процесс не ускоряется более чем на 5-15%”. Но физиолог помнит, что повышение температуры на  $10^{\circ}\text{C}$  усиливает всю активность лягушки. Он вряд ли готов сказать, что его большая живость, возможно, не является выражением более быстрого окисления; но он не видит заранее установленного баланса жизненной активности и химических изменений. Он относится или должен относиться крайне подозрительно к любому объяснению, которое, по-видимому, выходит за рамки физических законов; но в то же время он осознает, что до тех пор, пока у него не будет более точных знаний о строении протоплазмы, он не сможет понять, как применяются физические законы. Протоплазматичность протоплазмы увеличивается при нагревании. Какое изменение молекулярного состава это подразумевает?

Мнение о том, что молекулярные изменения в мышцах приводят к электрическим изменениям, которые, в свою очередь, приводят к изменению формы, было очень широко распространено. Гипотеза была основана на наблюдениях, которые, казалось, показывали, что электрическое изменение распространяется немного впереди волны сжатия; но каждое усовершенствование регистрирующего устройства уменьшало это очевидное отсутствие синхронности. Не может быть никаких сомнений в том, что отставание волны сокращения происходит из-за инерции мышцы и регистрирующего устройства. Молекулярные изменения и электрические колебания происходят одновременно. Если это верно, то электрическое изменение нельзя рассматривать как причину молекулярного изменения, во всяком случае, в том смысле, в каком их раньше рассматривали как причину и следствие.

The **Сила мышц** зависит от ее поперечного сечения. Для человеческих мышц максимальная подъемная сила составляет от 7 до 10 килограммов на каждый квадратный сантиметр. Это большая цифра, но следует помнить, что из-за расположения костей как рычагов большинство мышц действуют с большим механическим недостатком. Чем больше разница в расстоянии от точки опоры между точкой приложения силы и точкой падения груза, когда сила действует ближе к точке опоры, чем вес, тем больше механический недостаток. Тем выше также скорость, с которой поднимается вес. То, что теряется в силе, приобретает в быстроте. Сравните медленные шаги негра, чья длинная пятка отделяет точку приложения силы (ахиллис) от точки опоры (голеностопный сустав), с пружинистыми движениями европейца. Европейец нуждается в более развитой икре и, как правило, имеет ее, что позволяет ему передвигаться более резво, не жертвуя при этом своей несущей способностью. Наше предпочтение тонким запястьям и лодыжкам не является чисто эстетическим, если только мы не признаем, что все естественные каноны вкуса основаны на практичности. Стройность суставов означает ловкость. Некоторые мышцы действуют непосредственно, без потери силы — как, например, жевательная, которая поднимает нижнюю челюсть (отсюда и огромная способность раскалывать орехи), — но большинство мышц перемещают рычаги значительной длины. Сравните с жевательной

машинкой бицепс и плечевую мышцу, которые поднимают предплечье. Их сухожилия вводятся в лучевую и локтевую кости на расстоянии от локтевого сустава, которое примерно в одну десятую больше расстояния от него груза, удерживаемого в руке. Их объединенное поперечное сечение составляет около 16 квадратных сантиметров:  $(16 \times 10) / 10 = 16$ . Человек не может вытянуться в руке, локоть прижат к боку, так что действуют только эти мышцы, вес которых превышает 16 килограммов (34 фунта), хотя мышцы создают тягу в десять раз большую, чем эта. Силу мышц при вытягивании прямо хорошо иллюстрирует густая белая масса в центре устрицы. Она удерживает раковину закрытой до тех пор, пока не будет приложено усилие, в 1300 раз превышающее вес животного. Эта мышца также служит хорошей иллюстрацией роли рефлекторного сокращения в противодействии растяжению — реакции, с помощью которой поддерживается тонус. Любой, кто вставит инструмент, например, конец отвертки, между приоткрытыми створками устрицы, лежащей под водой, обнаружит, что ему нужно очень ловко повернуть ее, если он хочет заставить мышцу спать. Растяжение вызывает реакцию, пропорциональную силе растяжения.

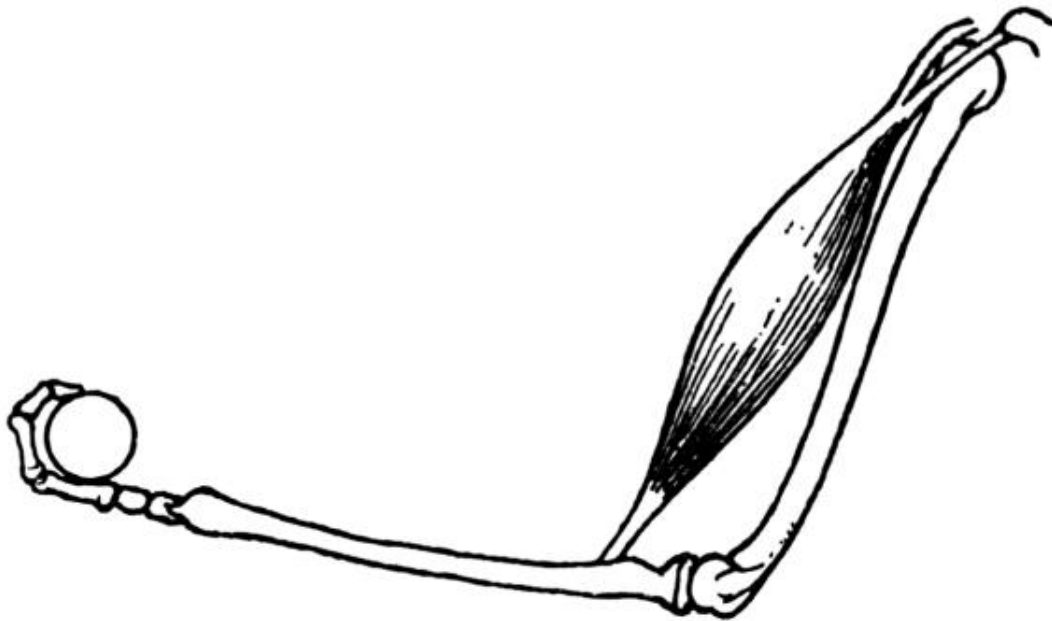


Рис. 17. Двуглавая мышца в действии.

Тот факт, что выработка энергии мышцами пропорциональна, в определенных пределах, выполняемой работе, выявляется даже в лабораторных экспериментах. Нервно-мышечная подготовка учит, что объем работы не зависит от стимула. В определенных пределах более сильный стимул вызывает более высокий и сильный подъем; но стимул остается прежним, работа, выполняемая мышцами (*т.е.* Произведение веса на рост), увеличивается до определенного оптимума за счет увеличения веса. Часто очень легкая нагрузка не поднимается так высоко с помощью нервно-мышечной подготовки, как чуть более тяжелая. Пока не сформулировано удовлетворительной теории этой реакции на нагрузку. Были выдвинуты объяснения, но они просто заменяют одно неизвестное другим, что является нередким недостатком объяснений.

Мышцы становятся самыми сильными, когда находятся на своей полной физиологической длине. Погружая весло в воду, человек прилагает максимум усилий, на которые он способен, при условии, что он не виноват в том, что “пропустил начало”. Руки на носилках, тело между коленями, лодыжка, колено, бедро полностью согнуты, руки прямые — все его самые сильные мышцы находятся на максимальной физиологической длине. Гребля - это упражнение, которому нет равных. Каждая мышца тела, от мизинца до мизинца, вступает в игру в тех условиях, которые подходят ей лучше всего. И не менее замечательным является воздействие на мышцы живота во время восстановления в конце гребка; и ритмичные движения, которые способствуют глубокому и размеренному дыханию.

Наибольший результат работы достигается, когда мышцы сокращаются при постепенно уменьшающейся нагрузке. Ближе к концу подъема нагрузка должна быть небольшой, если сжатие должно быть доведено до крайнего предела. Возможность этого хорошо видна на примере мышц руки при подъеме веса до положения над головой. В руке удерживается чемоданчик. Его рукоятка захватывается сгибанием пальцев. И здесь можно отметить, что, поскольку диапазон движений мышцы меняется в зависимости от ее длины, большой палец и другие пальцы работают не только за счет мышц, содержащихся в ладони. Пальцы согнуты, а запястье согнуто мышцами, начало которых доходит даже до нижнего конца плечевой кости. Поскольку чемодан висит сбоку, бицепсы и плечевая мышца находятся на максимальной длине. Предположим, что его необходимо разместить на такси. Эти мышцы начинают свою работу при наилучших условиях. Однако они не смогли бы поднять чемодан далеко, если бы мышцы плеча не сместили локоть сбоку, так что в конце их рывка, когда предплечье находится почти вертикально, мышцам руки остается немного больше, чем двигать кисть внутрь по направлению к голове, готовясь к толчку разгибателем. Секрет получения максимального объема нагрузки от любой конкретной мышцы заключается в обеспечении для нее должного взаимодействия других мышц.

## Электрические органы.

Мышца рассеивает энергию в форме механической работы, тепла и электричества. Ее структура, как уже указывалось, особенно благоприятна для проявления электродвижущей силы. У некоторых рыб мышцы модифицированы настолько, что дают электрический разряд без развития механической работы. Производство электрического разряда является побочным явлением мышечной активности. Это становится единственной функцией электрического органа. Если снять кожу с хвоста конька, то обнаружится цилиндрический столбик мускулистой ткани размером примерно с палец, расположенный среди мышц у его основания с обеих сторон. Это электрические органы, хотя и настолько слабые, что едва ли возможно ощутить удар, который они вызывают у живой рыбы. Почти союзная Средиземноморская торпеда оснащена гораздо более мощными батареями. Они расположены рядом с жабрами, занимая всю толщу рыбы от кожи до кожи. При нажатии на заднюю часть торпеды разряжается ток напряжением 30 вольт или даже больше. Еще более сильные удары наносит угорь — *Gymnotus*, который обитает в притоках Амазонки и наводит ужас на всех, кому приходится переходить их вброд пешком, или африканская рыба *Malapterurus*. Сила тока, вырабатываемого этими животными, достигает 200 Вольт. За исключением таковых у *Malapterurus*, все электрические органы представляют собой модифицированные мышцы и очень похожи по структуре. Органы *Malapterurus*, по-видимому, представляют собой модифицированные железы. Электрический орган конька можно считать типичным для остальных. Когда его разрезают ножом, видно, что

плотная соединительная ткань разделена на мельчайшие камеры. Эти камеры собраны в шестиугольные колонки, которые расположены вдоль органа (в торпеде они расположены дорсо-вентрально). Каждая камера содержит желеобразное вещество, в которое встроены электрический диск. Диск делит камеру на меньший передний и больший задний отсеки. Каждая камера снабжена несколькими нервами, которые разветвляются на бесчисленные веточки на передней поверхности диска. Необходимо на мгновение задуматься о развитии межпозвоночного диска, если мы хотим понять его структуру. Он начинает свою жизнь так, как будто собирается вырасти в добровольное мышечное волокно. К нему присоединяется нерв, образуя конечный орган обычным способом. Затем конечный орган чрезмерно увеличивает свое распространение, в то время как остальная часть волокна не растет. Структура становится похожей на поганку, с нервом, растущим на сидении стула. Таким образом, передняя сторона диска соответствует нервному окончанию в мышце. Его средний слой ясно указывает на то, что волокно предпринимает безуспешную попытку создать поперечную бороздчатость. Он слоистый, пластинки странно искривлены; на разрезе они выглядят не как простые линии, а как ряды точек, что, очевидно, указывает на продольную исчерченность. Задний слой диска состоит из зернистой протоплазмы, вытянутой в виде ряда коротких, направленных назад язычков, и одного длинного отростка - ножки стула. Никакая структура не могла бы в большей степени наводить на мысль о функции органа; но пока никому не удалось уловить это предположение и вылить его в определенное объяснение того, как он работает. Некоторые физиологи, придавая большое значение тому факту, что функциональные связи между электрическим органом и его нервами нелегко прервать введением курари, атропина, и других лекарств, которые блокируют прохождение импульсов от нервов к мышцам, рассматривают нервный слой диска как генератор электричества, а остальное - как аккумулятор или резонатор, который накапливает или преувеличивает электрический заряд. Другие считают, что часть диска, представляющая собой измененное мышечное волокно - средний или средний и задний слои — генерирует электродвижущую силу, нерв просто вызывает ее к действию. Все согласны с тем, что между поступлением нервного импульса и разрядом электрического тока проходит короткий интервал (около 0·003 секунды). Этот “латентный период” может быть использован в качестве аргумента в пользу любой точки зрения. С общим описанием протоплазмы как высвобождающей энергию, которое мы уже приводили, соответствовало бы предположение, что нервный импульс, достигнув диска, немедленно заражает протоплазму диска, вызывая молекулярное движение, и что ионы движутся в таких направлениях, что нарушают электрическое равновесие диска, его передняя поверхность становится по отношению к задней как цинк к меди в батарее. Ток, генерируемый в рыбе, направлен от головы к хвосту. Несомненно, что изменение не произойдет до тех пор, пока импульс не достигнет органа. Орган не заряжается нервной системой в течение периода бездействия, а затем разряжается высвобождающим импульсом. Это достаточно очевидно из того факта, что, когда у рыбы удаляют часть органа с нервом, хотя она и истощается гораздо раньше, она реагирует как нервно-мышечный препарат на повторную стимуляцию.



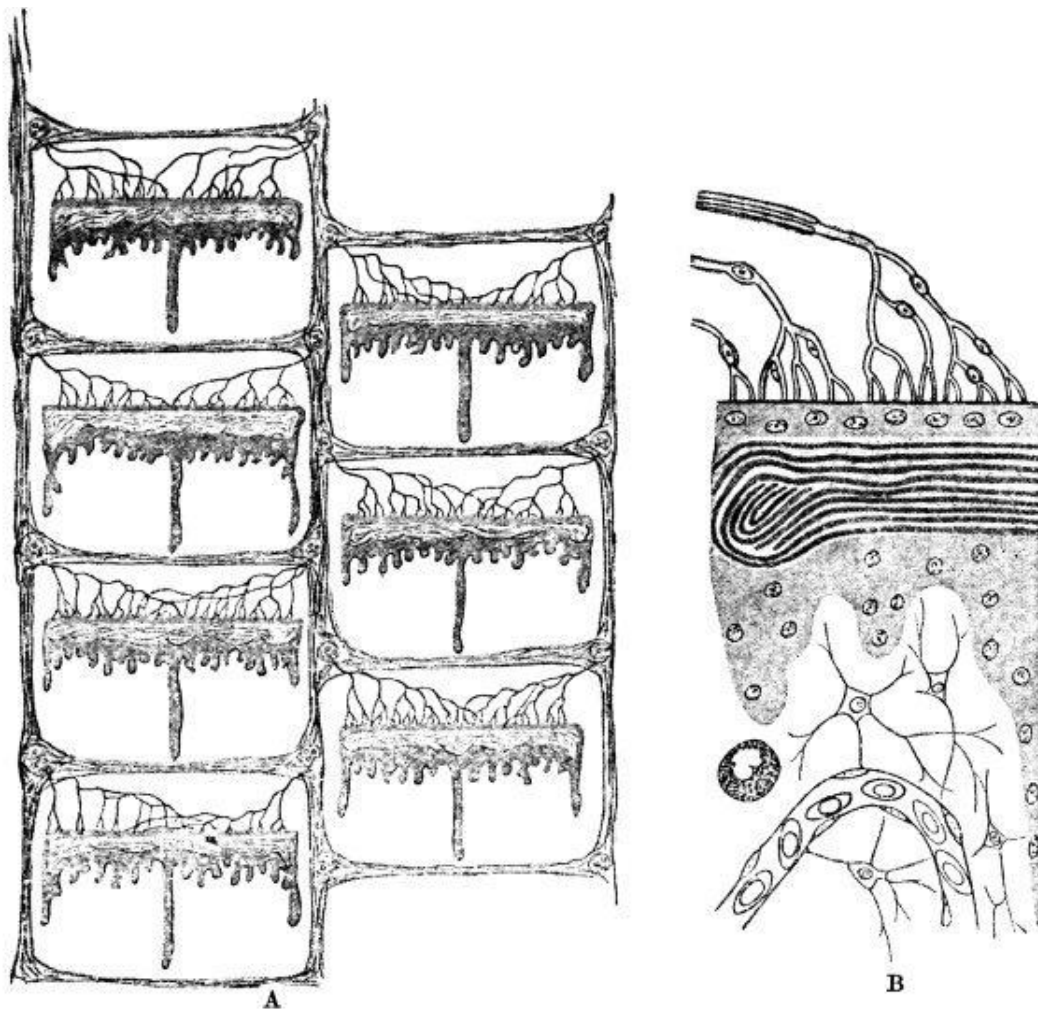


Рис. 18. Электрический орган конька в продольном разрезе — А, Слегка, Б, Сильно увеличен.

А показаны отсеки, на которые перегородки волокнистой ткани делят орган. В центре каждого отсека находится диск, сформированный из модифицированного мышечного волокна. Нервы в изобилии разветвляются на его передней поверхности. Б, небольшая часть диска. Вверху видны нервные волокна в тонких зародышевых оболочках; затем следует зародышевый слой, с которым они соприкасаются, искривленные пластинки, представляющие собой бороздки мышечного волокна, зернистое зародышевое вещество его заднего слоя, немного соединительной ткани, капиллярный кровеносный сосуд, содержащий овальные зародышевые тельца. В тканевом пространстве виден одиночный крупнозернистый лейкоцит.

Полезность электрических органов торпеды несомненна. Они достаточно сильны, чтобы парализовать любое животное, прикоснувшееся к ее спине, будь то враг или мелкая рыбешка, пригодная в пищу. Но какую пользу может принести коньку его слабенькая батарейка? На этот и связанный с ним вопрос о преимуществах, которые могли достаться предкам торпедоносцев, которые первыми начали превращать невинные мышцы в орудие нападения, обычно отвечают указанием на склонность плоских рыб, лежащих на дне моря, становиться пристанищем паразитов, кораллов и других неподвижных наростов. Очень слабых толчков было бы достаточно, чтобы нарушить покой потенциальных поселенцев. Точно так же электрические

органы пресноводных рыб, возможно, в зачаточном состоянии защищали кожу от проникновения плесени.

## Светящиеся железы.

Если при рассмотрении распространения энергии в виде механической работы, тепла или электричества живыми тканями трудно привести эти явления в соответствие с теми, о которых физика знает экспериментально, то как нам подойти к проблемам, связанным с генерацией света? Тем не менее, фотогеничные свойства протоплазмы широко распространены.

Простейшие и различные другие беспозвоночные животные вызывают так называемую фосфоресценцию моря. Бездонные глубины океана освещены лесами светящихся полипов, и по ним бродят рыбы, головы которых снабжены лампами. Своим собственным светом самка светлячка позволяет своему крылатому партнеру продолжить свидание. Светлячки (*Lampyrus*) мелькают среди апельсиновых деревьев Италии и пылают (*Pyrophorus*) под манго на Цейлоне.

Светящиеся органы слишком сильно различаются по структуре, чтобы позволить нам выделить, как в случае с электрическими органами, черты, общие для них всех. У пиррофора орган представляет собой двойную массу цилиндрических клеток у кончика брюшка. Клетки расположены вертикально к поверхности и поддерживаются трубчатой мембраной. Их вещество содержит своего рода жир. Под ними находится слой клеток, не светящихся, но, очевидно, являющихся частью фотогеничного аппарата, содержащих меловые гранулы. Орган хорошо снабжен нервами и дыхательными трубками (трахеями).

Более интересным, чем его структура, является изучение особого характера света, излучаемого органом. Это дает спектр, который простирается от красного (за пределами линии В солнечного спектра Фраунгофера) до первых синих лучей (F). На нем нет линий. Зеленые лучи появляются только при ярком освещении, и тогда они являются самыми яркими из всех лучей. В свете практически отсутствуют актинические или химические лучи. Фотопластинку можно в течение нескольких минут почти без изменений подвергать воздействию света светлячка, достаточно яркого, чтобы можно было с легкостью читать в темной комнате; в то время как свет такой же яркости от любого другого источника изменил бы ее за долю секунды. Тепловые лучи также не смешиваются со светом. Измерения показывают, что активность фотогеничных органов не приводит к большому повышению температуры, чем это произошло бы в случае с любой другой железой.

Контраст между излучением света животным и его выработкой любым другим способом очень разителен, когда рассматриваются физические доказательства или отсутствие доказательств того, что происходит в протоплазме, которая его производит. Тот факт, что свет не сопровождается выделением тепла, не позволяет нам приписать это окислению. Если светлячка поместить в сосуд с кислородом, его лампа не станет гореть ярче — явное свидетельство того, что ее свечение не имеет ничего общего с горением спички или тлеющей палочки фосфора. Не гаснет лампа и тогда, когда насекомое внезапно оказывается на сильном холоде ( $-100^{\circ}\text{C}$ ). Оно продолжает светить до тех пор, пока холод не убьет его. Нет никакой связи между яркостью светлячка и явлением, которое физики называют “фосфоресценцией”.

Сульфид кальция — вещество, используемое для придания видимости спичечным коробкам в темноте, — возвращает поглощенный им свет. Способность светлячка излучать свет никоим образом не зависит от того, что он долгое время находится в темноте.

Как и все другие процессы в жизненной химии, генерация света протоплазмой происходит в результате процесса ферментации. Светящиеся органы можно измельчить, а смесь ферментируемого вещества и закваски экстрагировать водой. Экстракт светящийся. Если экстракт готовят быстро и выпаривают досуха *в вакууме*, остаток светится при увлажнении водой. То, что в экстракте присутствуют два вещества, одно (люциферин) способное к брожению, другое (люцифераза) фермент а, доказывается следующим экспериментом: определенное количество экстракта разделяют на две порции. Одной части (А) дают накалиться до тех пор, пока не исчерпается ее способность излучать свет. Другую часть (Б), как только она отделится, нагревают до 55°, чтобы убить брожение. В все еще содержит люциферин; А содержит люциферазу, хотя весь содержащийся в нем люциферин израсходован. В рекомбинированном виде экстракт светоносен.

---

## ГЛАВА XI НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Двадцать пять лет назад был введен новый процесс окрашивания элементов, которые в своей комбинации составляют нервную систему. С его помощью анатомы обнаружили неадекватность своих представлений о нервных клетках. Уже было известно, что нервное волокно, то есть его существенная часть, его ядро, является частью клетки, тело и другие части которой расположены в головном или спинном мозге или в одном из зависимых от них ганглиев. Но новый метод показал, что нервная клетка имеет более сложную форму, чем все, что представлялось до сих пор; и поскольку слово “клетка” часто использовалось в широком смысле, когда речь шла только о клеточном теле, казалось, стоило дать этой структурной единице новое название. Термин “нейрон” был введен, чтобы подчеркнуть его функциональную индивидуальность. Нервная система представляет собой объединение нейронов.

Чрезвычайно простым способом помещения небольшого кусочка нервной ткани в бихромат калия, а затем переноса его в нитрат серебра, получают угольно-черные изображения нервных клеток, которые с поразительной полнотой показывают все детали контура их тел и все хитросплетения разветвлений их конечностей. Наиболее удивительной особенностью процесса является отсутствие путаницы в его результатах. Использовались красители, которые окрашивали один вид клеток лучше, чем другой, или выделяли определенную часть — обычно ядро — каждой клетки. Если бы процесс нанесения хрома на серебро действовал таким же образом, в результате получился бы густой черный препарат, в котором нельзя было бы различить никаких деталей. Но вместо того, чтобы обрабатывать все клетки одинаково, процесс окрашивает одну клетку здесь, а другую там, оставляя сотни или тысячи нетронутыми. Он не отдает предпочтения какому-либо определенному типу клеток. На одном срезе выделяются крупные клетки, на другом — мелкие; на третьем нервные клетки не почернели, но видна соединительная ткань. Когда кусочек ткани, пропитанный бихроматным калием, погружают в раствор нитрата серебра, хроматный раствор выделяется из него в окружающую жидкость гораздо быстрее, чем нитрат попадает внутрь; и когда, наконец, нитрат серебра попадает внутрь, обнаруживается, что некоторые клетки зафиксировали хроматный раствор в своем

веществе. Этот остаточный хроматат соединяется с серебром. Продукт быстро восстанавливается до субхромата черного цвета. До сих пор не было предложено объяснения фиксации хромата отдельными ячейками. Примечательно, что с тех пор был внедрен другой процесс, который аналогичным образом определяет выбор между элементами, что дает еще более ценные результаты. Кусочки свежей ткани помещают в очень разбавленный раствор метиленового синего. При удовлетворительном окрашивании краситель усваивается только нервными клетками. Отбор отдельных нервных клеток осуществляется не так далеко, как при хромо-серебряном методе, но в определенной степени проявляется. Вероятно, нервные клетки живут (в физиологическом смысле) дольше, чем другие элементы ткани. Метиленовый синий содержит некоторое количество легко удаляемого кислорода, которым пользуются страдающие от кислородного голодания нервные клетки. Восстановленный метиленовый синий остается в их веществе, так что, когда препарат повторно окисляется под воздействием воздуха, рисунок нервных клеток становится заметным. Когда отбирается несколько клеток, это, по-видимому, потому, что они были единственными живыми в то время, когда краситель попал в ткань. Препараты, изготовленные из стенки пищеварительного канала, по-видимому, подтверждают это простое объяснение. Они показывают участки, на которых окрашены мышечные волокна, участки, на которых окрашивания нет, и промежуточные зоны, в которых окрашены нервные клетки, а мышечные волокна - нет. Но гипотеза недостаточна для рассмотрения всех случаев. При первом применении животному вводили синьку в последовательных дозах, пока она не убивала его. Считалось, что окрашивание происходит *intra vitam*. Впоследствии было обнаружено, что его нанесение на свежую ткань или, для получения определенных результатов, на ткань, которая хранилась в течение нескольких часов, одинаково эффективно.

Без понимания природы двух новых процессов и характера результатов, к которым они приводят, читателю было бы невозможно осознать необычайный прогресс в наших знаниях о более тонкой структуре нервной системы, который отмечен периодом, в течение которого они использовались.

Обработка хромом-серебром более полезна для центральной нервной системы. Метиленовый синий дает лучшие результаты при работе с тканями, содержащими мельчайшие нервные клетки и ответвления нервов. Последний метод выявил такое изобилие нервных отростков, о котором никогда бы не заподозрили, если бы не его использование. Рассмотрим, например, эпителий, выстилающий легкие (стр. 168). Каждая из его уплощенных клеток имеет свою собственную нервную веточку или отростки. Они лежат между клетками. Они дают ответвления, которые входят в них. Аналогичное утверждение можно было бы сделать относительно богатства нервного обеспечения мышечных волокон пищеварительного тракта или клеток желез и, возможно, других тканей. Каждый новый успех, достигнутый в применении метода, свидетельствует о том, в каком изобилии распределены нервы, усиливая наше ощущение зависимости всех жизненно важных процессов от нервного контроля и наше понимание объединяющей и интегрирующей важности нервной системы.

Термин “нейрон” используется некоторыми авторами с целью подчеркнуть их веру не только в функциональную индивидуальность структурной единицы, но и в ее анатомическую изолированность. Особенность описанных нами методов окраски заключается, как уже указывалось, в том, что они отбирают клетки, находящиеся в определенном питательном состоянии, и игнорируют их соседей. Таким образом, получают изображения отдельных единиц измерения. Это доказывает питательную автономию клеток, но из этого не обязательно

следует, что А структурно не связано с В, а В - с С. Импульсы передаются по цепочке от А к С. Следовательно, функционально они связаны друг с другом; но до тех пор, пока не будет решен вопрос о способе установления контакта, лучше рассматривать нейроны как анатомически дискретные.

В этой книге было бы невозможно описать все разновидности нейронов, поскольку ничто так не характерно для этих элементов, как их огромный диапазон как по размеру, так и по форме. Его действительно можно охарактеризовать как безграничный. Каждый из двух электрических органов *Malapterurus* управляется одним нейроном. Его клеточное тело имеет пятую часть миллиметра или больше в диаметре — достаточно большое, чтобы его можно было увидеть невооруженным глазом, — и пронизано капиллярными кровеносными сосудами. Аксон этой нервной клетки — ее единственное нервное волокно — разветвляется, чтобы снабжать отдельную ветвь каждой из 2 000 000 камер электрического органа, и каждая ветвь распадается на пучок веточек внутри камеры. По сравнению с такой гигантской клеткой, как эта, одна из гранул сетчатки или мозжечка, это самые маленькие клетки, которые можно найти в организме, но каждая из них представляет собой совершенный нейрон, изысканно проработанный по форме.

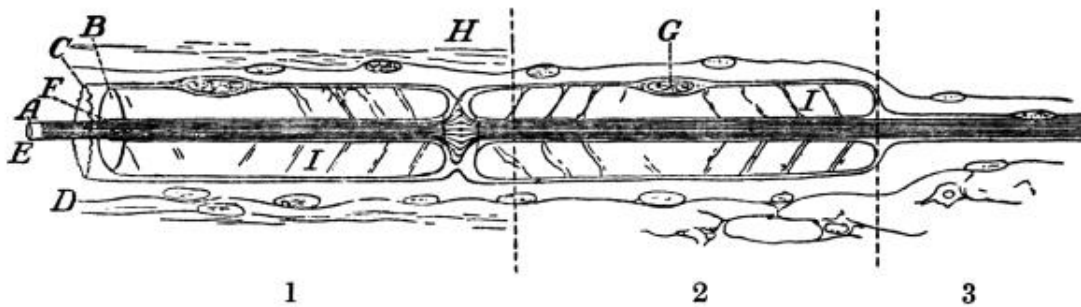


Рис. 19. Нервное волокно, состоящее из Неразделенного Фибриллированного аксона нервной клетки с его различными оболочками.

В сегменте 1 оболочки включают В - трубочку из фосфатного жира (миелина), прерывающуюся в точке Н - узел Ранвье; С - тонкую мембрану (сарколемму); D - соединительную ткань; Е - кожуру аксона; F - трубчатое пространство, содержащее лимфу, между аксоном и его миелиновой оболочкой; G - ядро обволакивающей клетки. На рисунке I видно, что миелин разделен на перекрывающиеся конические кольца. 2, Продолговатое нервное волокно, проходящее изолированным путем, просто заключено в трубку из соединительной ткани, содержащую лимфу. 3, Будучи “серым” или “недолговечным” волокном, аксон потерял свою миелиновую оболочку.

В качестве типов для описания мы можем взять одну из двигательных клеток спинного мозга и гранулу мозжечка. Каждое нервное волокно, питающее группу произвольных мышечных волокон, представляет собой нить, вытянутую из большого клеточного тела, которое находится в сером веществе спинного мозга или оси головного мозга. Волокна проходят в переднем корешке спинномозгового нерва или в черепно-мозговом нерве. Тело клетки может иметь диаметр до 100 мкм (1 мкм = 0.001 мм). По форме он похож на морскую звезду очень неправильной формы, поскольку имеет несколько, обычно четыре или пять, толстых сужающихся ветвящихся конечностей или отростков, известных как дендриты, в дополнение к

тонкому нитевидному аксону. От своего источника в теле клетки до места назначения в мышце — это может быть расстояние в несколько дюймов или в ярд — аксон представляет собой непрерывную нить. На небольшом расстоянии от тела клетки он входит в трубчатую оболочку, которая защищает и изолирует его, напоминая покрытие из гуттаперчи, в которое заключены провода телеграфного кабеля. Оболочка состоит из фосфатного жира, покрытого и удерживаемого на месте тонкой прозрачной мембраной - неврилеммой. Под этой мембраной ядра располагаются через равные промежутки времени, и на полпути между каждыми двумя ядрами оболочка перерезана перегородкой. Такие разрывы или узлы показывают, что оболочка не является частью нерва, если использовать этот термин в самом ограниченном смысле. Каждое междоузлие представляет собой клетку, которая обернута вокруг нерва для его защиты. Об аксоне с его оболочкой говорят как о нервном волокне. Большое количество нервных волокон, связанных вместе соединительной тканью, образуют нерв. В некоторых случаях аксон перед тем, как покинуть спинной мозг, но после того, как он вошел в его миелиновую оболочку, выделяет одну или две боковые ветви ("коллатерали"), которые возвращаются к древовидности в сером веществе спинного мозга. Не похоже, что они всегда присутствуют в случае двигательных нейронов спинномозговых или черепно—мозговых нервов - вероятно, они обычно опускаются, — но коллатерали являются важными признаками крупных нейронов коры головного мозга и мозжечка (рис. 23, 24). Обычно две, три или четыре такие ветви начинаются под прямым углом от аксона и через некоторое время поворачивают обратно к поверхности, разделяясь на несколько чрезвычайно тонких ответвлений. Их назначение остается загадкой. Возможно, они связывают группу клеток вместе в функциональном унисоне. Такое объяснение казалось бы разумным в случае расположения коллатералей по плану, который мы только что описали; но в различных ситуациях в мозге наблюдаются клетки, в которых аксоны, вместо того чтобы становиться нервными волокнами, полностью распадаются на коллатерали, которые многократно разветвляются.

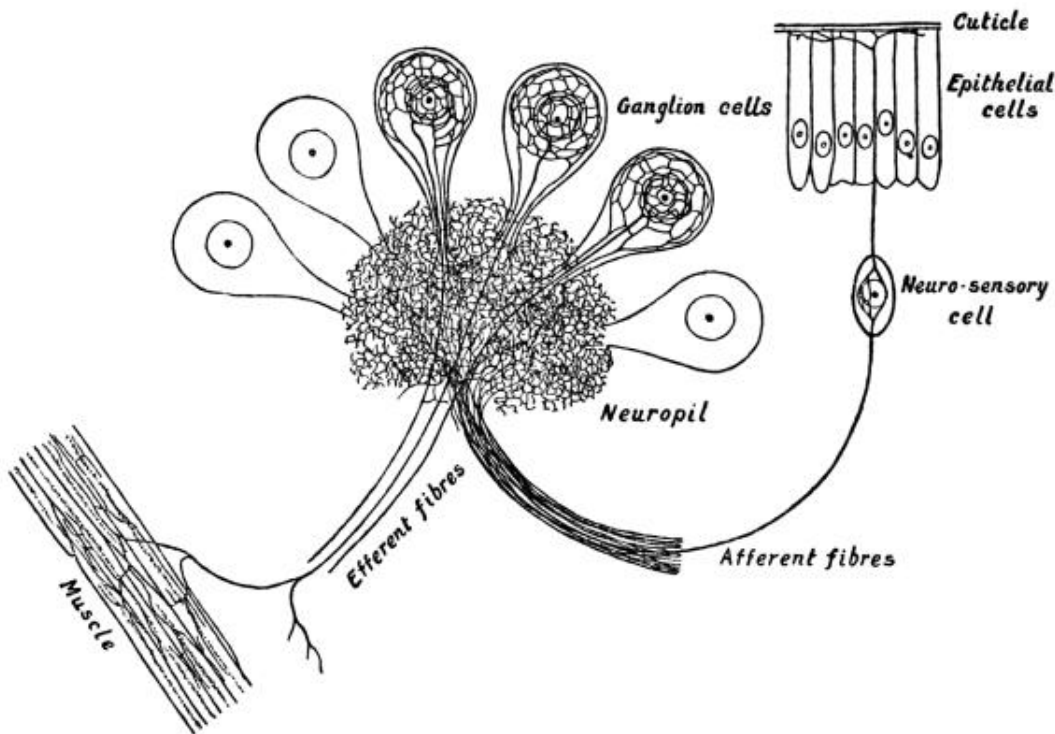




Рис. 20. Ганглий пиявки.

Грушевидные клетки расположены вокруг войлока нервных волокон (нейропил). Показана нейросенсорная клетка с одним волокном, направленным периферически и разветвляющимся на поверхности; и одним волокном, направленным по центру и разветвляющимся в нейропиле. Несколько очень тонких фибрилл от нейропиля проходят вверх по ножке каждой ганглиозной клетки. Они соединяются в сеть у ее поверхности. Эта сеть соединена расходящимися фибриллами с более грубой сетью, окружающей ядро. От центральной сети к мышечным волокнам переходит относительно прочная фибрилла.

Различными методами можно показать, что дендриты, тело клетки и аксон содержат фибриллы (рис. 22). Эти нейрофибриллы лежат параллельно друг другу в аксоне. Там, где он делится, они распределены между его ветвями. Возможно, они тоже разветвляются. В нейронах *Malapterurus*, о которых уже упоминалось, это, по-видимому, неизбежно. Открытие нейрофибрилл, казалось, приблизило нас на шаг к пониманию физики нервной проводимости. Они ясно указывают на то, что частицы вещества нервного волокна ориентированы в направлении прохождения импульсов. Это структурная дифференцировка, подобная фибрилляции мышц, и, вероятно, того же порядка — реакция на ту же потребность. Но когда мы исследуем расположение фибрилл в теле клетки и ее дендритах, то обнаруживаемые нами явления приводят нас в замешательство. Они усложняют, а не упрощают нашу ментальную картину проведения нервных импульсов. Самые грубые и отчетливые нейрофибриллы можно найти в кольчатых червях, ганглиозных клетках пиявки, например, из которых получают превосходные препараты. Эти клетки грушевидной формы, с одной ножкой. Как это обычно бывает у беспозвоночных животных, у них нет отдельных дендритов и аксона, но дендриты и аксон выходят из клетки в общем стебле. Тела клеток расположены вокруг войлочной массы нервных волокон, на которые распадаются их стебельки. Непосредственно под поверхностью ножки одной из этих клеток видны две или три очень тонких нервоволоконца. Единственная, гораздо более грубая фибрилла занимает ее ось. Тонкие фибриллы соединяются в сеть на периферии тела клетки. Толстые фибриллы соединены с более грубой сетью, которая окружает ядро. Расходящиеся нити соединяют более тонкую сеть с более грубой. Было высказано предположение, что афферентные импульсы поднимаются по тонким фибриллам, проходят от более тонкой сети к более грубой и выходят через толстую фибриллу, которая может быть прослежена в двигательном нерве. Такой транзит, насколько можно себе представить, не мог оказать никакого влияния на распределение импульсов, проходящих через нейрон; кроме того, есть основания полагать, что направление импульсов, которые доставляются в ганглий чувствительными нервами, определяется чувствительной работой в его центре, нейропиле. Вероятно, что во время прохождения импульсов через клеточное тело они приобретают энергию, необходимую для разрядки мышц, к которым их доставляет двигательное волокно. У позвоночных животных чувствительные нервы представляют собой ответвления нейронов, клеточные тела которых расположены в черепных или спинномозговых ганглиях. Они напоминают ганглиозные клетки пиявки в той мере, в какой они однополярны; обе ветви, та, которая собирает импульсы от органов чувств, и та, которая распределяет их в спинной мозг, отходят от клетки общим стволом, который впоследствии делится, хотя однополярное состояние клетки спинномозгового ганглия не примитивно, а приобретено. На самых ранних стадиях своего роста клетка биполярна. Впоследствии два ее конца срастаются на определенное расстояние, причем общей частью является вертикальный выступ **буквы** (ср. рис. 21, на котором показан рост гранулы мозжечка). Тело клетки содержит сеть, мало чем

отличающуюся от сети пиявки. Вероятно, это связано с тем, что можно назвать зарядом нейрона, развитием соответствующей степени силы импульсов, которые проходят через него.

Нейрофибриллы крупных нервных клеток, таких как двигательные клетки спинного мозга, чрезвычайно тонкие (рис. 22). Они разветвляются и воссоединяются. Определенное количество собирается по направлению к аксону; но большинство проходит через клетку от одного дендрита к другому или от одной ветви дендрита к другой ветви. Очень заманчиво предположить, что нейрофибриллы связаны с проводимостью. Когда их впервые обнаружили, они рассматривались как проводящие жилы; но очевидно, что они несопоставимы с телефонными проводами или другими изолированными или отдельными проводниками. Есть веские причины рассматривать дендриты как собирательные отростки, принимающие импульсы от концевых отростков нервов, которые разветвляются в сером веществе вокруг них, и передающие их через тело клетки в аксон. Продолжение нейрофибрилл от дендрита к дендриту, по-видимому, несовместимо с гипотезой о том, что они расположены по линиям проводимости.

Как и у различных других типов нейронов, дендриты спинальных двигательных клеток усеяны “шипами”. Эти выступы представляют собой не морщинистость или зазубрины, а короткие тонкие нити, которые отходят под прямым углом от дендритов (ср. рис. 1). Около дюжины лет назад автор провел тщательное исследование этих структур; в то время, когда большинство анатомов рассматривали их как артефакты. Он обнаружил, что их притязания на то, чтобы считаться частями нейрона, так же обоснованы, как притязания на его аксон или дендриты; хотя шипы клеток, которые их несут, никогда не встречаются у определенных типов клеток, они совершенно определены по расположению и расстоянию между ними. В одних типах клеток их больше, в других меньше. Нейрофибриллы, как мы их теперь знаем, не были обнаружены на момент проведения этого исследования; но на различных основаниях был сделан вывод, что шипы представляют собой концы клеток фибрилл, которые переходят от концевых веточек древовидных аксонов к дендритам. На этом заключении была основана гипотеза о проводимости, которая здесь представлена не потому, что против нее мало что можно сказать - или, во всяком случае, есть много пробелов в знаниях, которые необходимо заполнить, — а потому, что так случилось, что это принадлежит автору. Методы с хромовым серебром и метиленовым синим, которые выявляют наличие шипов, не окрашивают нейрофибриллы. Они окрашивают мягкую протоплазму, в которую встроены фибриллы. Модифицируя хромо-серебряный метод всеми способами, которые все еще позволяют получить результат, было обнаружено, что шипы иногда выглядят как сравнительно длинные тонкие нити, в других случаях как более короткие нити, заканчивающиеся мелкими бугорками, или как нити с двумя или тремя точками; или, наконец, нити не видны, но точки находятся в том положении, которое они занимали бы, если бы присутствовали фибриллы, но не окрашены. Исходя из этого, было высказано предположение, что мягкая протоплазма, которая при жизни окружает нить в виде непрерывной пленки, либо возвращается обратно в клетку после смерти, либо сжимается в клетку с помощью реагентов. Этим объясняется внешний вид стержня и ручки. То, что должно произойти, можно проиллюстрировать, окунув проволоку в патоку. Сначала, когда проволоку извлекают, она окружена пленкой. Затем пленка собирается в капельки. Было высказано предположение, что поступление импульсов в дендриты, их проведение через пространство, отделяющее концевые отростки аксонов от дендритов, в которые проходят их импульсы, осуществляется с помощью шипов, хотя сами по себе шипы проводниками не являются. Проводимость происходит только тогда, когда шипы окружены пленками цитоплазмы. Первый



эффект импульсов заключается в том, чтобы вызвать срабатывание пленок, подобно тому, как электрический ток преобразует ряд падающих капель в непрерывный поток. Последовательность импульсов, путем увеличения количества нитей, которые окутаны цитоплазмой, или путем увеличения количества цитоплазмы, покрывающей определенные группы нитей, увеличивает открытость пути. Сон - это состояние, при котором открыты все пути. Следовательно, никакие импульсы не эффективны. Бодрствование, бдительность зависят от перекрытия всех путей, кроме тех, которые действительно используются. Мы можем пойти дальше. Сила концентрации внимания - это сила ограничения распространения нервных импульсов в мозге. Алкоголь открывает дополнительные пути; сосредоточенное усилие, которое приводило к прогрессу в решении проблемы, становится более рассеянным. Первый эффект проявляется в большем блеске мысли, достигаемом за счет некоторой потери убедительности. Обнаруживаются неожиданные аналогии. Воображение работает в более широком диапазоне. Но по мере увеличения дозы устанавливается состояние, похожее на сон. Нервные импульсы становятся неэффективными, потому что, поскольку открыто много путей, они не достигают достаточной интенсивности ни в одном наборе путей. Эти несколько иллюстраций приведены для того, чтобы показать необходимость теории открытия и закрытия путей. Не предполагается, что они поддерживают конкретную гипотезу, изложенную здесь, относительно структурного устройства, которое обеспечивает пути и регулирует их доступность.

Недавние открытия в области более тонкой структуры центральной нервной системы породили множество проблем, которые в настоящее время кажутся неразрешимыми. Одно из открытий, которое наиболее трудно использовать при построении теории, - это существование внеклеточных или околочелюстных сетей, которые имеют вид чрезвычайно тонких проволочных сетей, непосредственно окружающих нервные клетки. Несколько примечательно, что расстояние между сетями часто очень похоже, если не идентично расстоянию между шипами. В то время как некоторые анатомы рассматривают сети как нервные, другие рассматривают их как относящиеся к соединительной ткани нервной системы. В настоящее время неизвестно, как импульсы передаются от тончайших видимых веточек древовидных аксонов к дендритам нейронов, на которые они влияют. Богатство структурных деталей, выявленное недавними исследованиями, приводит в замешательство любого, кто пытается разработать схему. Не исключено, что околочелюстные сетки являются промежуточными факторами в обмене; или, если не сами сетки, то структуры, на существование которых указывает внешний вид сетей. В случае многих более тонких отметин, которые выявляются методами окрашивания, невозможно сказать, указывают ли они на наличие в течение срока службы структуры такой, какой она кажется, или эти отметины обусловлены коагуляцией плазмы или деформацией, вызванной усадкой коагулирующих агентов. В некотором смысле это не имеет большого значения. Свертывание в однородный узор означало бы существование архитектурной основы, которая определяет узор. Возможно, мы смотрим на торт или на форму, в которой он был испечен.

Существует опасность увидеть слишком многое в нервной клетке при исследовании ее под самым мощным микроскопом и попытаться представить слишком подробно механизмы, регулирующие поток импульсов. Его обозначения настолько сложны, что у наблюдателя создается впечатление, что это сам по себе микрокосм - нервная система в миниатюре. Нейрофибриллы, по-видимому, предлагают множество альтернативных путей внутри клетки. Маловероятно, что такой взгляд на структурную единицу является правильным. Определенная двигательная клетка спинного мозга соединена своим аксоном с тридцатью или сорока отдельными мышечными волокнами; но нет никаких оснований думать, что волокна когда-либо

сокращаются иначе, как единой группой. Аксон состоит из параллельных фибрилл, но они, по-видимому, не нужны как отдельные проводники; импульс проходит вниз по пучку. В случае двигательной клетки, по-видимому, нет необходимости, и, по-видимому, утверждение справедливо для крупных клеток мозжечка и головного мозга представлять какое-либо устройство для одновременного проведения в ее аксоне нескольких импульсов или для проведения одного импульса по одной из ее фибрилл, а другого - по другой. Необходимо, чтобы этот конкретный эфферентный путь Z был доступен из любой другой части нервной системы — от A до Y. Если просто ради заполнения пространства, которое в противном случае было бы пустым в ментальной картине, мы представим себе околоклеточную сеть, соединенную шипами с телом и дендритами нервной клетки Z, тогда сеть является местом встречи всех путей, по которым Z приводится в действие. Нервная волна от любого из нейронов от A до Y, разбиваясь об эту сеть, проходит по шипам в протоплазму Z.

По размеру гранула мозжечка представляет собой заметный контраст с двигательной клеткой спинного мозга; тем не менее, она сформирована по существу по тому же плану. Из его крошечного круглого тела (около 8 мкм в диаметре) отходят четыре или пять тонких дендритных отростков. Каждый дендрит заканчивается небольшим пучком веточек, напоминающих пальцы, изогнутые на ладони. Его единственный тонкий аксон тянется к поверхности коры. Поскольку гранулы залегают на значительной глубине, этот путь является длинным для тех, которые распространяются в самые поверхностные слои. Они переходят из гранулярного в молекулярный слой между крупными клетками Пуркинье. Когда аксон достигает определенного уровня в молекулярном слое, он разделяется на две нити, которые тянутся на большое расстояние, правую и левую.

Гранулы мозжечка имеют любопытную историю развития. Каждый нейрон в организме существует всю жизнь. За исключением редких случаев разрушения в результате болезни, он занимает свое место до смертного часа. Но во время рождения многие нейроны все еще незрелы. Не все гранулы мозжечка еще приняли свою постоянную форму или положение. Под мягкой оболочкой все еще находится слой мельчайших недифференцированных клеток. Они, превращаясь в гранулы, удлиняются, в первую очередь, в длинные веретена. Впоследствии они опускаются вниз через молекулярный слой и между клетками Пуркинье, оставляя полюса веретена в виде правого и левого отделов аксона (рис. 21). Интересно узнать, что такая миграция возможна. Интересно также обнаружить, что крошечная гранула мозжечка проходит те же стадии в достижении своей взрослой формы, что и одна из крупных клеток спинномозгового ганглия.

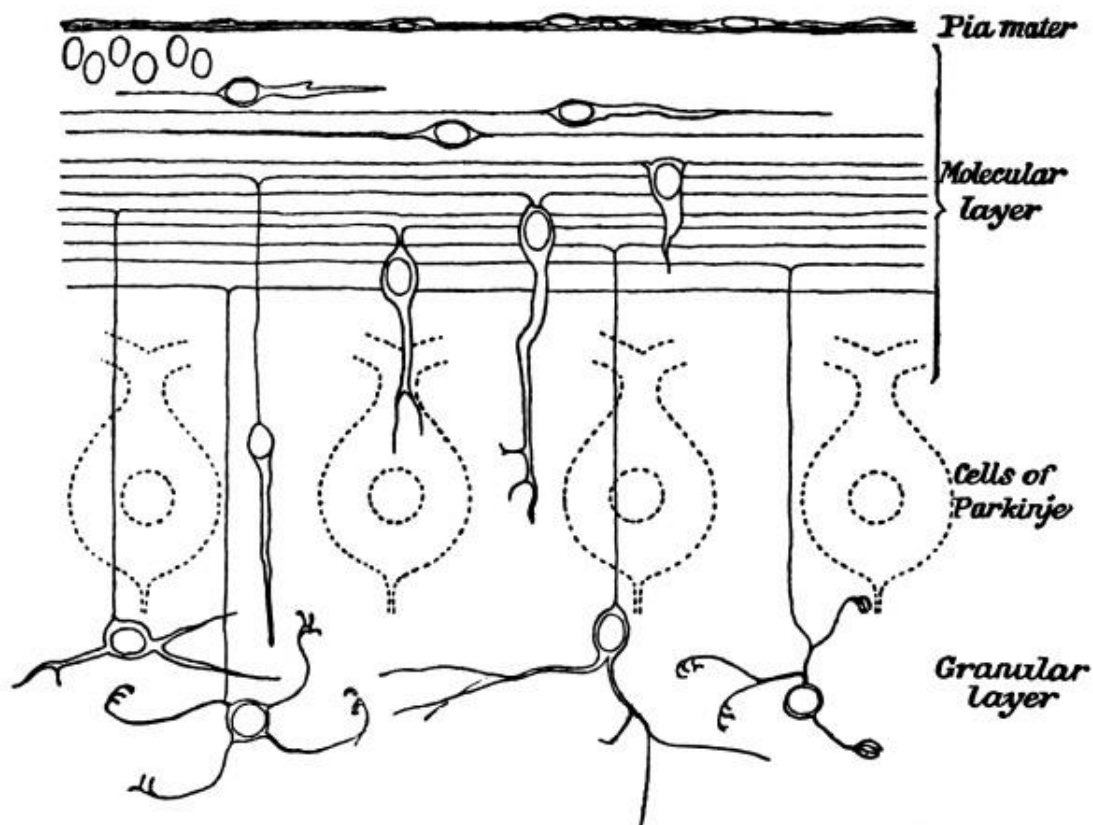


Рис. 21. Рост и миграция гранул мозжечка.

Под мягкой оболочкой можно увидеть полдюжины ядер из еще неразвившихся гранул. Начиная с этого уровня и заканчивая нижней частью рисунка, гранулы показаны в последовательных стадиях роста. Эти развивающиеся гранулы, выбранные из различных препаратов коры мозжечка, были взяты из природы.

Существует много различных типов нейронов. Любая попытка описать их или дать отчет о различных деталях строения, которые недавние усовершенствования техники позволили анатомам наблюдать, заняла бы длинный трактат; и, более того, это не соответствовало бы нашей цели, которая ограничивается получением такого представления об устройстве нервной системы, которое позволит нам составить представление, каким бы грубым оно ни было, о том, как оно работает. Из приведенного краткого отчета будет очевидно, что анатомы приближаются к пониманию механизма. Также будет очевидно, что у них уже есть больше информации, чем они могут применить. Они осведомлены о многих деталях структуры, которые они не могут интерпретировать в терминах функции; и в то же время осознают большие пробелы в своих знаниях относительно фактов, которые необходимы для построения любой схемы. Это совершенно очевидно: чувствительная клетка на поверхности или под ней соприкасается (вероятно, входит в нее) с конечным отростком внешней ветви нейрона, клеточное тело которого находится в спинномозговом ганглии, в то время как его внутренняя ветвь, как волокно заднего корешка, входит в спинной мозг. В спинном мозге корешковое волокно разделяется на восходящий и нисходящий отделы, которые разветвляются в серое вещество на значительной площади над его точкой входа и на меньшей площади под ним. Тончайшие отростки этих ветвей можно увидеть вблизи телец клеток и дендритов некоторых других нейронов. Аксоны

этих вторых звеньев аналогичным образом образуют древовидные образования вблизи крупных двигательных клеток, аксоны которых, в свою очередь, становятся волокнами передних корешков. (Для простоты здесь не упоминается о хозяевах других нейронов, которые связывают ганглиозную клетку и двигательную клетку с другими клетками, расположенными выше в спинном мозге.) Импульс, генерируемый чувствительной клеткой на поверхности тела, проходит вверх по корневому нейрону в спинной мозг, где конечные отростки заднего корневого волокна обеспечивают ему широкий выбор распространения. Следуя по пути наименьшего сопротивления, он переходит в нейрон № 2. Опять же, древовидность № 2 предлагает ему альтернативные пути. Он делает выбор, который приводит его к номеру 3. Номер 3 передает импульс мышечным волокнам, с которыми он связан. Особого внимания заслуживают три момента: (1) У импульса широкий (буквально неограниченный) выбор маршрутов. Прикасаются к коже пальца. Любая мышца может отреагировать, хотя сопротивление распределено таким образом, что побуждает импульс искать в первую очередь ту группу мышц, которая чаще всего требуется для действия в результате стимуляции пальца. Мы можем предположить, что это означает, что он следует по цепи, которая, имея наименьшее число звеньев, оказывает наименьшее сопротивление. Если он не может достучаться до этих мышц из-за того, что другие импульсы, действующие одновременно, либо увеличивают сопротивление на этом конкретном пути, блокируя его, либо уменьшают сопротивление на альтернативном пути, он распространяется дальше. (2) Благодаря разветвлению корневого волокна, которое передает его к спинному мозгу, импульс не ограничивается одной линией распространения. Он достигает многих вторичных звеньев. Следовательно, он может воздействовать на различные эффекторные нейроны одновременно. Например, стимул, который приводит в действие мышцы-разгибатели, в то же время подавляет их антагонисты-сгибатели. (3) Путь, по которому он в конечном итоге проходит, доступен для всех других импульсов. Его корневой нейрон был своеобразен сам по себе. Звено № 2 было более или менее обычным путем. Нейрон № 3 открыт для каждого импульса, проходящего через нервную систему.

Анатомия оправдывает построение только что обрисованной схемы. Но есть много моментов, касающихся структуры, о которых физиолог желает получить информацию, много деталей, которые он хочет видеть заполненными. Как передается импульс от древовидности аксона № 1 к дендритам нейрона № 2? С помощью какого структурного устройства вводится сопротивление и как оно регулируется, если оно меняется? Предположим, что сопротивление на одном пути выше, чем на другом, или предположим, что требуется больше силы, чтобы импульс мог проникнуть в более широкое поле, как подается дополнительная энергия? На первый вопрос в настоящее время нельзя дать ответа — механизм, с помощью которого импульсы передаются от одного нейрона к другому, неизвестен; однако удобно найти название для соединения окончаний аксонов и дендритов. Это называется “синапс” при том понимании, что это слово не предполагает никакой гипотезы относительно его структурной природы. Обычно считается, что сопротивление вводится в нервные цепи в синапсах; хотя это опять-таки предварительное утверждение. Явления, для объяснения которых была введена идея синаптического сопротивления, могут быть объяснены чисто анатомической основой распределения. Степень, в которой один нейрон влияет на другой, может зависеть от размера кисточки фибрилл, которыми его аксон соприкасается с ним. Если для разряда нейрона необходима определенная сила, нервный ток должен либо иметь достаточно высокий потенциал, когда он достигает его, либо воздействовать на него в течение достаточного промежутка времени. Выбирать между

аргументами, которые оказывают сопротивление синапсу, и теми, которые передают его телу нервной клетки, практически не приходится.

Как механизм нервная система немыслима, если только мы не представим ее единицы независимыми, но способными образовывать ассоциации; функционально дискретными, но вступающими в функциональную непрерывность. Действуя, они действуют как цепочки. Импульсы передаются от звена к звену, от концевых веточек аксона одной клетки к дендритам следующей. Нейроны устроены так, что импульсы не могут выходить из дендритов в ответвления аксонов в обратном направлении. В этом отношении система является клапанной. Но нет никаких оснований думать о веществе нейрона как о чем-то поляризованном. Физическое сопровождение импульса — электрическая вариация — распространяется с одинаковой легкостью вверх и вниз по его аксону.

Нет никаких доказательств какой-либо специфичности нейронов; напротив, ясно, что импульсы любого вида — то есть из любого источника, поскольку мы не признаем специфичности импульсов, — могут одинаково хорошо проходить через нейроны всех форм. На каждом стыке, проходя через каждый синапс, они задерживаются. Требуется по меньшей мере  $0 \cdot 01$  секунда (меньше, если толчок коленом является истинно рефлекторным действием), чтобы сообщение, доставленное в спинной мозг сенсорным корешком, достигло двигательного корешка. Эта сотая доля секунды — сумма задержек, связанных с переходом вброд двух или трех синапсов, — рассматривается как минимальное время рефлекса. К этому следует добавить, при рассмотрении любого конкретного рефлекторного действия, время, затрачиваемое на перемещение вверх по сенсорным и вниз по двигательным нервам. Задержка указывает на сопротивление. Если сенсорный стимул недостаточно выражен, чтобы спровоцировать рефлекторное действие, рефлекс может быть получен при его усилении. Продление или повторение стимула — на самом деле это одно и то же, поскольку сенсорные импульсы ритмичны, а не непрерывны — оказывает гораздо более мощный эффект, чем увеличение его силы. Сопротивление синапсов ослабевает после того, как на них обрушивается ряд импульсов. Желание смахнуть муху с кожи, если ему сопротивляться, через некоторое время становится невыносимо настоящим. Постоянный поток импульсов, вызванный раздражением определенного места в коре головного мозга, подавляет нервно-мышечную систему во время эпилептического припадка. Ниже приводится эксперимент, иллюстрирующий распространение импульсов с их обычного пути на другой, менее часто используемый: кусок промокательной бумаги, смоченный уксусом, кладут на внутреннюю сторону бедра безмозглой лягушки. Нет смысла ставить эксперимент на лягушке, у которой сохранился мозг; замена одного действия другим была бы демонстрацией приспособления средств к цели — демонстрацией права выбора животного. Кроме того, лягушка может предпочесть бездействие, и эксперимент провалится. Безмозглая лягушка стирает промокательную бумагу лапкой той же стороны. Затем эту лапку фиксируют, чтобы действие не могло быть выполнено, и заменяют промокательную бумагу. Через более длительный промежуток времени лягушка снимает ее другой лапкой. Очевидно, импульсам, генерируемым раздражением, которое вызывает уксус, труднее пройти по спинному мозгу, чем достичь двигательных нейронов на той же стороне. Очевидно также, что продолжающееся раздражение уксусом увеличивает силу распространения импульсов. Они усиливаются до тех пор, пока не станут способны преодолевать сопротивление на более длинном пути. “Сопротивление в проводниках” и “потенциал тока” — это термины, с которыми мы познакомились при изучении электричества; но из только что описанного эксперимента должно быть очевидно, что эти термины на самом деле

неприменимы к нервным явлениям, какими бы удобными они ни были для использования в аллегорическом смысле. Удерживание стопы ни одним из известных нам механизмов не отключает более короткую цепь, однако импульсы переключают ее на более длинную. Нет никаких свидетельств борьбы за освобождение зафиксированной стопы, совпадающей с распространением импульсов, поскольку они набирают достаточную силу, чтобы достичь нервного механизма другой ноги. Поскольку правая нога недоступна, импульсы *выбирают* путь к левой ноге. Любая попытка объяснить это с точки зрения сопротивления и потенциала предполагает формулирование ряда вспомогательных гипотез; без сомнения, их легко придумать, но они сводят на нет объяснение ровно в той мере, в какой они его усложняют. И все же гипотеза о линиях с большим и меньшим сопротивлением (держатся как можно дальше от электрических аналогий) необходима для любого объяснения нервных явлений и, более того, оправдана имеющимися доказательствами. Есть две основные причины, от которых это зависит: (1) Чем больше количество нейронов в линейной цепочке, тем большее количество синапсов необходимо преодолеть. Если А, В, С находятся в одной цепи, необходимо преодолеть сумму их сопротивлений. (2) Чем больше количество нейронов, между которыми должен быть разделен нервный ток, тем меньше заряд, доступный для каждого из них. Представьте себе

В

А

С

расположен так, чтобы разделить В и С, заряд, передаваемый А, находится между ними. Такое расположение имеет, вероятно, анатомическое выражение, которое объясняет относительную легкость или трудность прохождения пути, даже если предположить, что импульсы не открываются по мере продвижения — не распространяются по всем ветвям, на которые делится аксон, — а придерживаются заданной линии. Аксон нейрона А делится, разветвляясь около В, С и D; но его представительство в нескольких околоцеллюлярных сетях (выражение может быть уместным ради простоты, которую оно вносит в картину) неодинаково. В эксперименте с уксусом импульсы, доставляемые в спинной мозг нейроном корешкового ганглия А, передаются нейрону В заднего рога. Аксон В более свободно обвивается вокруг тела клетки нейрона С в переднем роге той же стороны, чем вокруг нейрона D в переднем роге противоположной стороны. Следовательно, импульсы, генерируемые уксусом, стимулируют С в достаточной степени, чтобы разрядить его, пока этот путь открыт, быстрее, чем они стимулируют D. То, что С должно разряжаться только до тех пор, пока ступня свободна, подразумевает, что активность нейрона каким-то образом обусловлена его связью с мышцами, которые он иннервирует. Когда нога удерживается, это соотношение нарушается, давая импульсам, генерируемым продолжающимся действием уксуса, время для преодоления сопротивления D.

Сравнение с открытием путей вполне применимо к результатам, которые следуют за использованием искусственных стимулов. Нейроны, по-видимому, соединяются последовательно под влиянием бомбардирующих их импульсов, взрываясь подобно фейерверку, объединенному общим фитилем.

Экспериментальные данные указывают на следующие выводы: (1) Сопротивление возникает в синапсе. Это сопротивление должно быть преодолено, прежде чем импульс сможет пройти от нейрона 1 к нейрону 2. (2) Импульс, собственно говоря, не проходит от 1 к 2. Он заражает 2, заставляя его выпустить новый импульс. (3) Время составляет суть этого процесса. Либо

импульсы направляются в синапс, либо, проходя в нейрон, они производят внутри него кумулятивный эффект, который провоцирует его разрядку. (Последняя гипотеза, которая является менее вероятной из двух, передает устойчивость от синапса к нейрону, подлежащему заражению.) Эти выводы основаны на экспериментах следующего рода: Определяется минимальный стимул, который вызовет рефлекторное действие. Затем применяется более сильный стимул. Рефлекс возникает быстрее и более выражен. Но при дальнейшем увеличении стимула обнаруживается, что предел эффективности вскоре достигается. Пропорциональная зависимость реакции на стимул гораздо менее очевидна, чем при проведении эксперимента с нервом-мышцей. Выбирая рефлекторное действие, которое легко спровоцировать, афферентный путь стимулируется электрическим током, прерываемым пятьдесят раз в секунду. Импульсы, которые проходят по эфферентному пути к мышце, следуют друг за другом со скоростью около десяти импульсов в секунду. Столбик нервных волокон в спинном мозге стимулируется пятьдесят раз в секунду. И снова, разряд в передние корешки имеет естественный ритм около десяти. Кора “моторной области” большого мозга стимулируется быстро прерывающимся током. Мышцы, которыми он управляет, сокращаются в своем естественном ритме. Срезается кора головного мозга, и стимул воздействует на белое вещество под ней. Получается аналогичный результат. Доказательства, подобные этому, указывают на независимость действий со стороны нейронов, которую можно выразить только в терминах сопротивления и взрыва. Но есть и другое направление мысли, которое приводит к созданию картины работы нервной системы, которая на первый взгляд кажется несовместимой с той, что мы набросали. Феномен коленного рефлекса ([стр. 274](#)) раскрывает нервную систему, настолько тесно связанную друг с другом, настолько однородную, настолько подвижную, что ни одно событие, каким бы тривиальным оно ни было, не происходит в какой-либо части, не посылая вибрации по всему остальному. Вместо множества батареек, опутанных лабиринтом проводов, прерываемых мириадами переключателей, которые с потрескиванием включаются и выключаются, образ водной глади лучше соответствует нашему представлению — материал настолько лишен трения, что по нему проходит рябь из стороны в сторону и из конца в конец, от самого дальнего ручейка, который его питает, до самого дальнего ручейка, в котором он стекает. Это жидкость в состоянии бесконечного волнения, движения ее частиц варьируются по амплитуде от трепетной дрожи, едва покрывающей инеем серебро ее поверхности, до волн, которые, разбиваясь о мышечную систему, выбрасывают ее грудями. Эксперимент с уксусом, похоже, требует схемы батарей и проводов. Коленный рефлекс указывает на непрерывную проводящую среду. Другие явления предполагают наложение двух картин; концепция нервной системы, состоящей из однородной среды, проводящей не безразлично во всех направлениях, но с такой свободой, что, с нашей точки зрения, количество путей бесконечно; и внутри этой проводящей среды тела нервных клеток и их отростки, которые собирают и распределяют группы вибраций, достаточно сильных в сочетании, чтобы производить видимые эффекты. Для того чтобы один из этих нейронов мог быть стимулирован до точки разрядки, среда, которой он окружен, должна быть приведена в такое возбужденное состояние, которое достаточно для его заражения. Соображения, которые указывают на формулировку этой двойной или наложенной схемы, таковы: прохождение тональных импульсов не кажется совместимым с идеями, которые мы сформировали на основе других свидетельств синаптического сопротивления и нейронной разрядки. Они слишком слабы для такого механизма. Короткое “рефлекторное время” коленного рефлекса указывает на прохождение возбуждения вверх по сенсорному корешку к спинному мозгу и через нерезистентную среду в среду двигательных клеток, которые оно разряжает, минуя нейрон или нейроны, которые вмешиваются в случае обычных рефлекторных

действий. Это иллюстрация того, как тональные импульсы, которые мы представляем себе проводимыми непротиворечивой средой, переходят в разряды, которые производят видимые эффекты. Опять же, явления **торможения**, по-видимому, требуют предположения о вненейронной проводимости. Всякий раз, когда используется рефлекторный путь, все другие пути в его окрестностях закрыты. Прохождению импульсов, ведущих к определенному рефлекторному действию, способствует подавление проводимости в его окрестностях. Когда А разговаривает с D по нервному телефону, В и С вынуждены хранить молчание. Торможение - явление повсеместное. В отношении различных действий оно достаточно выражено, чтобы быть видимым по эффектам, которые оно производит. Простой эксперимент проиллюстрирует это. Удержание воды во рту не влияет на дыхание, но во время акта глотания дыхательные движения приостанавливаются. Во время возникновения глотательного рефлекса дыхательный рефлекс подавляется. Это можно было бы объяснить волевым контролем дыхания, и, конечно, когда внимание направлено на процесс, воля играет большую роль. Но если приложить палец к пульсу, то можно обнаружить, что во время акта глотания пульс учащается вследствие подавления замедляющего действия блуждающего нерва на сердце. Это случай, когда торможение ни в коей мере не является добровольным действием. Оно также не имеет никакой ценности как дополнение к конкретному рефлексу, с которым оно связано. Это иллюстрация универсального правила, согласно которому активность любого участка нервной системы является причиной успокоения окружающей области. Импульсы, которые рефлекторно контролируют работу сердца, не могут пройти через продолговатый мозг, пока через него проходят импульсы глотания. Торможение было описано как отвод нервной силы в активную область. Со структурной стороны это, по-видимому, требует концепции вненейронного вещества, которое, возбуждаясь вблизи клеток, подлежащих разрядке, останавливается вокруг соседних клеток. Распространение через нервную систему состояния, которое, достигая центров сознания, вызывает боль, также, по-видимому, требует гипотезы о вненейронной проводимости.

Любое упоминание о **боли** в работе по физиологии нуждается в нескольких словах предисловия, поскольку в народе термин “боль” используется в различных смыслах. Когда я вижу розовую герань и настурции, растущие на одной клумбе, я могу воскликнуть: “Это положительно больно”. Недостаток гармонии и в то же время недостаточность контраста между мелово-розовым и полупрозрачно-оранжевым оттенками потрясает мое эстетическое восприятие. Неприязнь, какой бы обоснованной она ни была, исключается при размышлении о физиологии боли. Далее, при определении боли мы должны быть осторожны, чтобы изолировать реальную вещь и не путать ее с ощущениями, которые, по-видимому, приводят к ней. Если, взяв палец в щипцы, я прикасаюсь к нему как можно легонько, первое ощущение - это контакт; немного сильнее, и это переходит в ощущение давления; еще сильнее, и всякое ощущение контакта или давления теряется из-за боли. Обычно считается, что боль - это чрезмерное ощущение. Но и это не физиологично. Чрезмерно яркий свет или чрезмерно громкий звук неприятны. Это вызывает резкое движение с целью избежать его — именно такое движение человек сделал бы, если бы прикоснулся к раскаленной докрасна кочерге, — но, строго говоря, оно не является болезненным. Нередко в случаях несчастного случая или заболевания спинного мозга проводится четкое различие между осязанием и способностью испытывать боль. Ниже травмы у пациента сохраняется острота осязания, но ни удар, ни порез, ни ожог не причиняют ему никакой боли. Таким образом, боль, вызванная сдавливанием пальца клещами, не является избыточным ощущением прикосновения. Боль в коже начинается



ощущаться как раз тогда, когда предмет, приложенный к ней, воздействует на нее до такой степени, что может причинить вред. Если острие иглы касается его, это вызывает боль, как только давление становится немного меньше, чем необходимо для прокалывания его поверхности. Горячий предмет начинает причинять боль, когда температура достигает 48 ° C. Этого почти достаточно для свертывания тканевых жидкостей. Боль не является различающим ощущением. Если я держу руку вытянутой под прямым углом, то в течение первых нескольких минут я ощущаю ее вес и, кроме того, в некоторой степени ощущаю тягу, создаваемую мышцей плеча. По истечении десяти минут эти ощущения сливаются в боль, и в течение некоторого времени после опускания руки болит плечевая мышца, как при ревматизме. Боль - это воздействие на сознание, которое поглощает и, следовательно, стирает ощущения. Используя древнюю фразу: "Дело не столько в том, что я чувствую боль, сколько в том, что я есть боль". Если мы говорим о способности испытывать боль как о чувстве, мы можем назвать это для целей нашего настоящего рассуждения "чувством ущерба". Кожные нервы подвергаются сильному воздействию любого агента, способного причинить вред. Их задача - оказывать на центральную нервную систему воздействие, которое воздействует на нее таким образом, чтобы вызвать в сознании состояние боли. Ощущения повреждения вызывают рефлекторные движения, с помощью которых часть тела, которая может быть повреждена, или все тело в целом удаляется на безопасное расстояние. Поскольку обязанностью кожи является подавать это предупреждение, была разработана служба нервов, чувствительных к вредным агентам, которая проводит разведку в сотрудничестве со службами, занимающимися распознаванием физического контакта, тепла и холода (ср. стр. 425). Если, представляя, что огонь не зажжен, я прикасаюсь к почти раскаленной докрасна плите, я получаю довольно значительный объем информации, которой могу воспользоваться. Я получаю точное представление о положении плиты и засовываю правую часть пальца в рот. Кожа посылает в мозг обычные ощущения прикосновения и давления до того, как возникает состояние боли. В поисках определения боли мы должны исключить два признака, которые характеризовали все формы раздражения, которые мы рассматривали до настоящего времени: (1) Тенденция провоцировать движение; (2) предоставление информации. Если я страдаю от уитлоу, последнее, что я расположен делать, - это дергать пальцем. Хотя боль усиливает остроту кожных рефлексов, в целом она препятствует движению, а не провоцирует его. Это хорошо проиллюстрировано на примере плеврита. Пока человек здоров, он совершенно не осознает того факта, что при каждом вдохе нижняя часть легкого скользит по выстилке грудной клетки; но начинающееся воспаление на поверхности одного из легких вызывает сильную восприимчивость к трению, и боль производит эффект, который человек совершенно неспособен произвести усилием воли; она останавливает движения грудной клетки на поврежденной стороне. Боль тормозит, а не стимулирует. Это, собственно говоря, не ощущение. Часто смешиваясь с элементами сенсации, она передает топографическую информацию; но чистая боль приближается по качеству к смутному ощущению страдания пациента, который, когда его спросили, где он это почувствовал, ответил: "Нигде; но в комнате этого много".

Страдальцы описывают боль образным языком, как "жгучую", "колющую", "пульсирующую", "ноющую" и так далее. Два человека, страдающие одним и тем же поражением, одним и тем же источником боли, используют примерно одинаковые термины. Следовательно, мы не можем сказать, что боли не различаются по характеру. Но это не является достаточной причиной для присвоения боли какого-либо определенного качества. Она различается по тяжести, непрерывности или прерывистости, внезапности возникновения, сопровождающим ее

ощущениям, эмоциональному тону, к которому приводит нарушение работы органа, из которого она исходит, напряженности пораженной части и вытекающей из этого чувствительности к учащенному пульсу. Все это составляет комплекс боли и ощущений, из-за которого зубная боль отличается от головной, и то и другое от боли при ожоге кожи. Но они не придают специфических качеств различным разновидностям боли. В таком случае нет необходимости предполагать существование специальных нервных окончаний для восприятия боли или особой области коры головного мозга для ее восприятия. Напротив, имеются убедительные доказательства того, что нервные волокна, обслуживающие более высокоспециализированные органы чувств, которые имеют четко определенные связи в коре головного мозга, не передают влияние, которое входит в сознание в виде боли. Именно бесчисленные нервы, не имеющие специализированных рецепторов, воспринимают боль. Чувствительные нервы внутренних органов — блуждающий и симпатический — не передают импульсов, которые проникают в сознание, до тех пор, пока ткани, которые они снабжают, здоровы. Они не представлены в коре головного мозга. Органы, с которыми они связаны (за тривиальными исключениями, которые легко объяснить), абсолютно нечувствительны к травмам. До того, как были известны преимущества хлороформа — в те дни, когда, какой бы тяжелой ни была операция, пациенту приходилось набираться мужества, чтобы перенести ее без анестезии, — хирурги доказали, что печень, кишечник или практически любые другие внутренние органы можно разрезать или прижечь, не осознавая, что к ним прикасаются. То же самое в равной степени верно и для самого мозга. Но если повреждение внутренних органов возникает постепенно, их нервы передают в центральную систему возбуждение, которое оказывает наиболее выраженное воздействие на сознание и по пути глубоко влияет на рефлекторные действия, которые может выполнять спинной мозг, а также на его способность выполнять проводящие функции. Возможно, раз в жизни у человека обнаруживается желчный камень; на протяжении поколений в его семье такого могло и не случаться. И все же человек обнаруживает, что он снабжен нервным аппаратом, который передает сознанию сильнейшую боль.

Трудно думать о боли как о путешествии по нервам в форме ритмических импульсов, подобных тем, которые вызывают в сознании эффекты, которые мы определили как ощущения. Несколькими строками выше мы утверждали, что никакие импульсы, влияющие на сознание, обычно не проходят вверх по блуждающему или симпатическому нерву, ограничивая термин “импульс”, возможно, неоправданно. Блуждающий нерв передает влияние, которое входит в наш опыт в виде голода. Вероятно, другие состояния чувств, для которых у нас нет названий, которые напоминают боль и голод и их противоположности, вызываются с помощью внутренних нервов.

Пятьдесят лет назад было обращено внимание на трудность нахождения болевых путей среди белых путей (нервных волокон) спинного мозга. Указать на них сейчас так же трудно, как и тогда; но вывод о том, что боль распространяется по серому веществу, уступил место “нейронной теории”; автор придерживается ошибочного понимания. Боль распространяется медленно. Если кто-то случайно замечает человека, который ничего не подозревая прикасается к горячей поверхности, то замечает, что проходит некоторое время между соприкосновением его пальца с утюгом и восклицанием, которым он “успокаивает свои чувства”. Это составляет более секунды — если утюг не очень горячий, то несколько секунд, — тогда как “время реакции” на прикосновение составляет всего одну седьмую секунды. Медленное распространение боли по нервной системе с точки зрения нейронной теории может быть объяснено только на основе

гипотезы о том, что она передается от звена к звену по очень длинной цепочке из очень коротких нейронов. То, что боль - это состояние серого вещества, а не последовательность импульсов, и что (в пределах цереброспинальной оси) это состояние передается через вненейронную среду, кажется более простым объяснением.

Состояние сегмента спинного мозга, в котором соприкасаются афферентные волокна, передающие боль из внутренних органов, влияет на его проводимость. Это подавляет рефлекторное действие через сегмент и в то же время облегчает или усиливает передачу сенсорных импульсов к месту нахождения сознания. Это проявляется в очевидной повышенной чувствительности кожи области поверхности, снабжаемой задним корешком, который присоединяется к сегменту спинного мозга, на который также распространяется болевое воздействие. Например, афферентные симпатические нервы от сердечного окончания желудка соединяются с шестым и седьмым грудными спинномозговыми нервами. Другие афферентные волокна поднимаются по блуждающему нерву к продолговатому мозгу. Когда поражен сердечный отдел желудка, боль передается в область кожи, снабжаемую шестым и седьмым спинными корешками. Обычные неизбежные раздражители, действующие на эту область, вызывают боль. Экспериментальные стимулы, которые в другом месте ощущались бы как прикосновение или тепло, являются болезненными. Импульсы, которые они вызывают, проходят через возбужденные болью сегменты спинного мозга. Блуждающий нерв передает свое болевое воздействие в продолговатый мозг. Теперь случается, что чувствительный нерв лица — пятый — распространяется на значительное расстояние вверх и вниз по оси мозга. Вследствие этого пятый нерв направляет свои сенсорные импульсы в область, которая возбуждается от боли теми волокнами блуждающего нерва, которые идут от сердечного конца желудка. Следовательно, заболевание этого органа порождает также “иллюзию” боли — боли и иллюзии боли философски неотличимы — на поверхности головы. Внутренние органы, не имеющие прямого доступа к сознанию, появляются сами по себе. Когда страдает желудок, он обращается ко всему организму с просьбой о внимательном обращении через определенные нервы, которые имеют привилегию появляться при Дворе. Сообщение ошибочно интерпретируется как исходящее от передней части грудной клетки — “сердечный ожог” - или от плеча, или от волосистой части головы, или от других участков кожи, которые обслуживают эти нервы. Когда печень в беде, сознание, не имеющее представления о ее местонахождении — это дело рук и глаз исследовать печень другого человека или обязанность разума принять их находки? — делает вывод, что крик исходит из плеча. Ткани под корнем ногтя, или мышца плеча, или пульпа зуба также не имеют прямого представления в сознании; но поскольку состояние боли в сером веществе преобразует его в микрофон, сообщения от соседних структур, которые в противном случае не привлекли бы внимания, после прохождения болевых сегментов нервной системы звучат отчетливо, и, следовательно, разум приблизительно определяет местонахождение “боли” в белом, мышечной боли, разрушенном зубе. Страдающие зубной болью знакомы с феноменом распространения боли из определенного места на всю челюсть или всю боковую часть головы в зависимости от распространения болевого возбуждения от сегмента оси мозга, в котором заканчивается зубной нерв, к соседним сегментам. Наша способность или неспособность локализовать боль зависит не от наличия или отсутствия болевых нервов, а от существования или несуществования нервов, идущих от того же органа или от его окрестностей и способных передавать импульсы к месту нахождения сознания. Проходя через ту часть спинного мозга или оси головного мозга, которая нарушена воздействием поврежденного органа, тихие импульсы приобретают силу, достаточную для того,

чтобы их можно было услышать, и в сочетании с болью вызывают ощущение, которое сознание в определенной степени может проанализировать. Информированное о своем местонахождении этими усиленными ощущениями, сознание распознает чувство боли, ограниченное в своем топографическом распространении.

Чихание при попадании в глаза яркого света является любопытной иллюстрацией преувеличения эффективности сенсорных импульсов, когда они попадают в возбужденный сегмент серого вещества. Примерно каждый третий человек страдает подобным образом. Друг писателя, который был особенно чувствителен, проснувшись ночью, потому что услышал плач своего ребенка, трижды зажег свечу и трижды чихнул, прежде чем смог наблюдать, как подносят спичку к фитилю, не испытывая нервного потрясения. Некоторые нервные собаки — особенно фокстерьеры, очень подвержены этому неврозу. Многие люди, которые не чихают, чувствуют, когда солнечный свет стимулирует их сетчатку, щекотание в носу. И снова иллюзию следует проследить до входа в пятый нерв — чувствительный нерв всего лица. Нос — это истинная часть тела. Морфологически он находится впереди глаз. Точно так же, как пятый нерв расширяет свое распространение до носа, так и его корешковые волокна расширяют свои связи внутри оси мозга вперед, пока не пересекут средний мозг, первичный центр зрительного нерва. Яркий свет, стимулируя зрительный нерв, вызывает волнение в средней части мозга. Обычные ежеминутные импульсы из носа, переносимые пятым нервом в эту область, вообще не должны проявляться в сознании; но из-за возбужденного состояния, в котором находится серое вещество, они приобретают значение, которое им не принадлежит, и вызывают рефлекторное действие чихания, точно так же, как они это сделали бы, если бы кто-нибудь понюхал табак. Из этого явления следует извлечь несколько уроков — например, тот, на который нельзя слишком часто обращать внимание, а именно, что импульсы, возникающие в сознании (или, точнее, импульсы, на которые направлено внимание), являются лишь самой незначительной частью тех, которые доставляются органами чувств в центральную нервную систему. Импульсы, вызывающие ощущение щекотания в носу, не являются исключительными импульсами, которые возникли, когда свет упал на глаз. Они поступали в мозг постоянным потоком, прежде чем возбуждение среднего мозга придавало им исключительную силу. Ни одно соображение, касающееся работы нервной системы, не имеет более важного значения, чем это. Мы не можем представить себе деятельность сенсорной нервной системы. Наш опыт ограничен разрозненными ощущениями, которые мы *воспринимаем*. Являются ли чувствительные нервные окончания непрерывно реагирующими на внешние воздействия, посылая почти непрерывную цепочку импульсов вверх по каждому из миллионов нервных волокон, которые соединяют их с центральной системой? Такая концепция, вероятно, ближе к истине, чем концепция, которую мы могли бы разработать, если бы доверяли опыту. Но даже опыт говорит нам, что в мозг поступает бесконечное количество сообщений, которые сознание не принимает во внимание. При пересадке на придорожной станции во Франции мое внимание привлек электрический звонок на платформе, который звонил непрерывно. “Почему звонит звонок?” Я спросил начальника станции. “Чтобы сообщить, что все идет хорошо”, — последовал ответ. “Если это прекратится, значит, что-то не так”. “Но разве вы не привыкли к этому настолько, что перестаете слышать?” “Да, действительно; он звонит день и ночь. На него не обращаешь внимания, пока он не умолкнет”. Сенсорные импульсы, генерируемые контактом моей кожи со стулом, на котором я сижу, непрерывно звонят в колокол сознания. Я бы немедленно заметил их, если бы они прекратились. Как бы то ни было, они не привлекают моего внимания до тех пор, пока не зазвонят немного громче, чем обычно, или пока какая-то конкретная группа из-за

неослабевающего давления не произведет кумулятивный эффект. Другой урок состоит в том, что состояние нервной системы и, следовательно, ее проводимость в любой данный момент определяются достигающими ее сенсорными импульсами. Мы не можем описать эффект яркого света как боль, однако он возбуждает серое вещество, изменяя его состояние, точно так же, как приток нервов, который мы распознаем как боль. Влажная тряпка на лбу не снимает головную боль, охлаждая мозг (*ср. стр. 106*). Головная боль возникает “в волосистой части головы”. Прохладная влажная тряпка уменьшает расширение кровеносных сосудов лба и успокаивает импульсы от кожи, которые поступают в участок серого вещества, возбуждаемый болевыми ощущениями, поднимающимися по висцеральному нерву, обычно блуждающему.

Необходимо предупредить читателя, что возврат к старой идее “проводимости через серое вещество” — *то есть* иначе, чем через цепочку нейронов, — является неортодоксальным. Это изложено здесь потому, что автору кажется, что различные явления, которые необходимо объяснить, наилучшим образом согласуются с гипотезой двойного пути. Если требуются доказательства анатомической возможности внелейронной проводимости, то можно указать, что методы хромсеребряного и метиленового синего, на которых основаны наши знания о нейронах, по самой природе случая не показывают, что серое вещество состоит только из нейронов и их очевидных ответвлений. Поскольку они отбирают определенные элементы структуры, мы никогда не сможем по одному только их использованию узнать, чего они не показывают. Можно также обратить внимание на тот факт, что тот же процесс окрашивания, который выявляет околосетчатые сетки (*стр. 301*), также показывает структуру, напоминающую сетку, в веществе, которое находится между ними. На самом деле это грубый метод. Вполне можно подумать, что азотная кислота, используемая для фиксации ткани, может вызывать странные коагуляции раствором некоагулированного вещества; но, как было замечено в отношении околосетчатых сеток, регулярные паттерны указывают на архитектурную дифференцировку. Но независимо от того, дают эти сети подсказки относительно природы проводящей среды или нет, нетрудно найти достаточное количество материала, после того как все вещества, участвующие в формировании проводящих нейронов, как мы их себе представляем, были учтены. *Ex hypothesi*, проводящий материал обеспечивается фибриллами чувствительных нервов в их продолжениях за пределы, до которых простирается отложение субхромата серебра, когда использовался хром-серебряный метод отображения нейронов. Импульсы ощущений поступают в нейронные цепочки. Состояние, которое, когда оно затрагивает центр сознания, известно как боль, прогрессирует вверх по нейропилу позвоночных.

Энергия вырабатывается в нервной системе. **Сила импульсов** регулируется в соответствии с сопротивлением, которое им приходится преодолевать. Стимуляция миллионов отростков блуждающего нерва в легких вызывает мягкие движения ребер и диафрагмы, которые представляют собой спокойное дыхание. Крошка хлеба, соприкасающаяся со слизистой оболочкой гортани, стимулирует несколько окончаний одного и того же блуждающего нерва. Подобно лавине, импульсы накатывают с головой по мере их продвижения, заставляя напрягаться не только диафрагму и межреберные мышцы, но и полдюжины вспомогательных дыхательных мышц. Трудно объяснить это отражение сообщений, которые требуют выброса хлебного мякиша, не рассматривая их как распространяющиеся от нейрона к нейрону, побуждая каждый по очереди производить максимальную разрядку.

Нейроны снабжены материалом, который служит хранилищем энергии. В их клеточных телах, включая их дендриты, можно увидеть крупные гранулы нуклеопroteина, которые, будучи помещенными между группами нервных фибрилл, принимают угловатую форму. Они известны как тельца Ниссла, или называются “тигроидами”, из-за пятнистого вида, который они придают клеточному веществу. Если исследовать нервные клетки птиц сразу после того, как они вернулись из миграционного перелета, то обнаружится, что гранул немного и они мелкие. У пчелы, возвращающейся вечером в улей со своим последним грузом пыльцы, они меньше, чем были, когда она приступала к своей утренней работе. Они исчезают при определенных патологических состояниях и под воздействием различных лекарств; и поскольку их присутствие выявляется окрашиванием, об их исчезновении говорят как о “хроматолизе”.

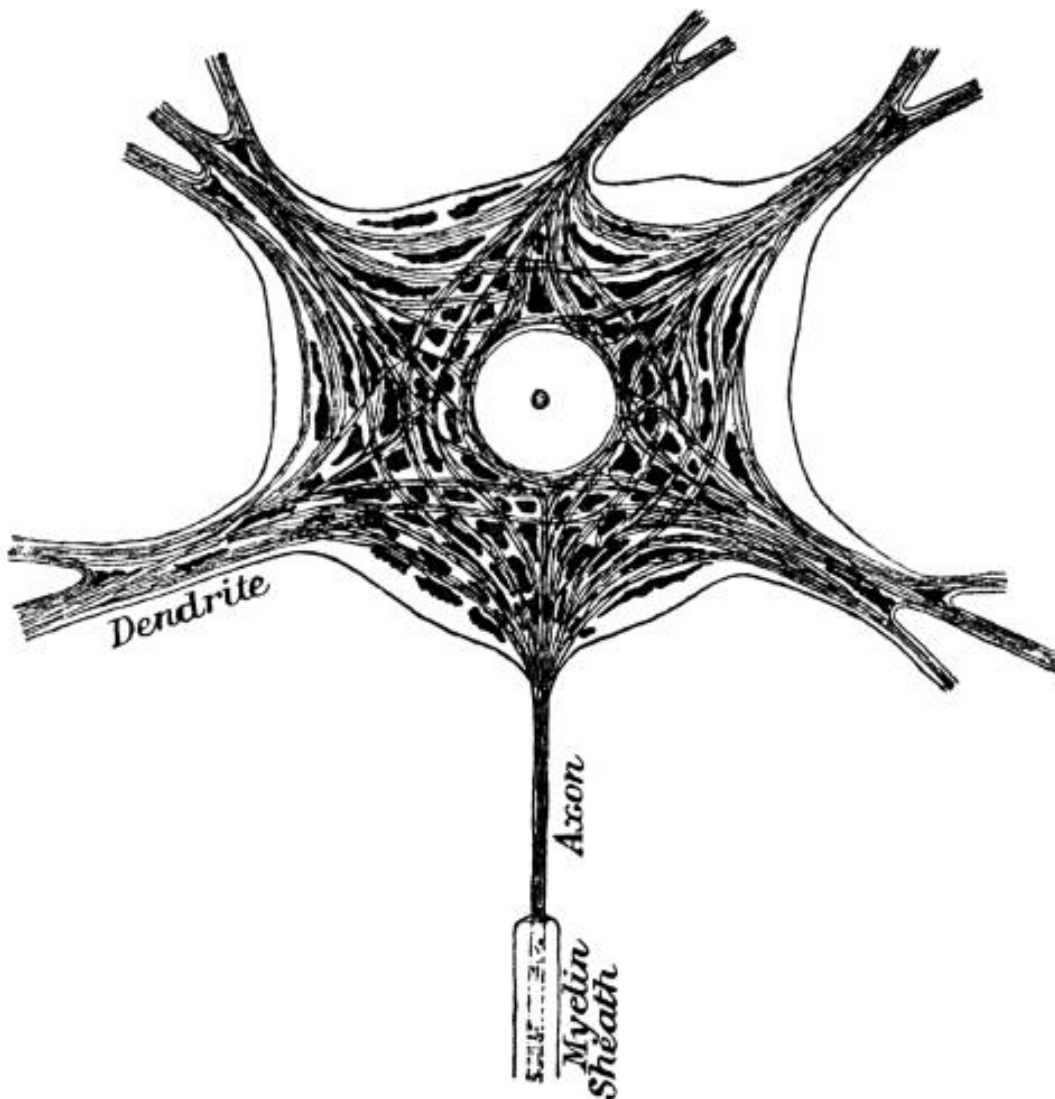


Рис. 22. Тело двигательного нейрона.

В его центре находится большое прозрачное сферическое ядро с ядрышком. Вещество тела состоит из пяти дендритов и аксона. Нейрофибриллы видны в дендритах и аксонах. Они

пересекают тело клетки во всех направлениях небольшими пучками, которые разделены угловатыми гранулами окрашиваемого вещества (тигроидами).

Истощение тигроидов во время функциональной активности ясно доказывает, что нервные клетки действительно работают в физическом смысле. Энергия расходуется на передачу сообщений от рецептора к эффектору, от сенсорной клетки к мышцам, от нервных окончаний-реципиентов к железам. Есть ли у нервных клеток какие-либо привилегии или обязанности? Их функции, насколько мы рассматривали их до сих пор, являются автоматическими, с точки зрения механика. Их положение и связи определяют направление, в котором они действуют, и степень, в которой они усиливают стимулы, воздействующие на нервную систему окружающей средой, включая то, что можно назвать внутренней средой, пищей в пищеварительном тракте, выделениями в протоках и так далее. Выполняют ли клетки какие-либо директивные или исполнительные функции? Нет никаких доказательств того, что у них есть; и, следует добавить, нет никакой линии рассуждений, которая неизбежно приводила бы к выводу, что у них нет. Помня, что до недавнего времени было принято решать все неясные проблемы и откладывать все трудности на потом, наделяя нервные клетки и совокупности нервных клеток человеческими свойствами, называемыми “центрами”, физиолог с неохотой признает отрицательное. Бессознательный аргумент в прошлом звучал примерно так: “Я решаю действовать или воздержаться от действия. Нервная клетка - это механизм, с помощью которого я принимаю решения. Следовательно, решает нервная клетка”. (В прошлом проводилось различие между телом клетки и ее процессами, но теперь мы видим, что это было абсурдно.) Очень трудно полностью отказаться от такого отношения к жизни. Я чувствую, я помню, я буду. Должно быть *что-то*, что чувствует, помнит, желает. Но физиолог не находит в нервной системе никаких признаков способности к какой-либо функции, кроме проводимости с регулированием силы тока. Он может обнаружить чувства, память или волю в цепочке нейронов не больше, чем он может найти музыку в скрипке. Он слышит, как струны поют на ветру. Он может ударить по ним электрическим током. Но у него нет видения призрачных исполнителей, нет проблеска дирижерской палочки. И все же он знает, как знает каждый здравомыслящий человек, что нейроны - это инструменты, на которых играет оркестр разума. Он знает, что, хотя звучат все, некоторые из них приглушены, чтобы другие могли произвести доминирующий эффект. Он также знает, что всякий раз, когда он решает продолжить писать или закрыть свой блокнот, дирижер поднимает палочку или позволяет ей опуститься рядом с ним.

Нейрон или нервная клетка - это передающее звено. Едва ли стоит удивляться тому, что физиологи, успешно поборовшись с суеверием о “папской нервной клетке”, не желают восстановить ее даже в качестве привратника в свободной церкви. Возможно, он проявляет некоторую осмотрительность в принятии импульсов, но до тех пор, пока не будет установлен его авторитет как стража пути, который простирается за ним, лучше рассматривать его просто как дверь, которая распахивается при нажатии с достаточной силой.

Возможно ли классифицировать нейроны в соответствии с их функцией? Их можно классифицировать по размеру и, с некоторой степенью полноты, по форме. Но если, как мы полагаем, размер и форма определяются чисто физическими требованиями, то деления, на которые распадаются клетки, не имеют физиологического значения. Двигательные клетки спинного мозга и оси головного мозга крупные и неправильной формы. Их размеры явно зависят от размера, скорее толщины, чем длины, нервных волокон, которые вытягиваются из них. Они посылают импульсы группам произвольных мышечных волокон на значительном



расстоянии. Маленькие клетки не могли выполнять эту работу. Точно такие же причины могут быть приведены для большого размера клеток Пуркинье в мозжечке, которые передают выработанный продукт, как мы можем его назвать, этого органа в большой мозг; и для размеров больших пирамид большого мозга, которые передают его решения в спинной мозг. Маленькие пирамидки коры большого мозга распределяют первые грубые впечатления от ощущений по соседним (ассоциативным) областям коры. Клетка Пуркинье (рис. 23) имеет более сложную и в то же время более правильную форму, чем любая другая нервная клетка. Он напоминает чрезвычайно разветвленную шпалерную грушу, расположенную под прямым углом к узким извилинам мозжечка; расположение, легко объяснимое, если учесть строение коры этого органа. Его внешний слой, в котором разветвляются шпалерные отростки, пересекается в продольном направлении бесконечным количеством нервных нитей, раздвоенных аксонов гранул. Эти гранулы представляют собой небольшие нейроны, которые принимают импульсы от афферентных (“мшистых”) волокон и распределяют их по дендритам клеток Пуркинье, каждая из которых собирается только из нескольких фибрилл сенсорных каналов. (Слово “сенсорный” используется для обозначения того, что органы чувств являются их источником, а не того, что их сообщения становятся ощущениями.) Многочисленные распространяющиеся ветви клетки Пуркинье, расположенные в поперечной плоскости, очевидно, устроены так, чтобы удерживать и разделять эти мириады продольных нитей. Пирамида головного мозга имеет форму ели. Она расположена в определенном слоистом слое. Своими ветвями он собирает импульсы из поверхностных слоев, которые передает через свой стебель в белое вещество под корой головного мозга. Различным частям центральной нервной системы приходится выполнять работу различного рода, и мы находим, что в цепи, составляющие несколько частей, встроены клетки различных типов. Мы говорим о крупных клетках как о “моторных”, о гранулах как о “сенсорных”, о маленьких пирамидках как об “ассоциативных” клетках — такие термины обозначают положения, которые они занимают в дугах, но не определяют их функций. Физиолог не может получить намека на специализацию функции. Он не может классифицировать нервные клетки по группам, связанным с рефлекторным действием, чувствованием, воспоминанием, волеизъявлением, мыслью. Напротив, он может с уверенностью утверждать, что таких различий проводить не следует.

В различных ситуациях в центральной нервной системе обнаруживается определенный тип клеток, объяснить который на современном уровне знаний невозможно. Мы упоминаем эти клетки, чтобы из сказанного выше не следовало, что все нейроны могут быть вписаны в простую схему проводящих дуг. В спинномозговых ганглиях есть нейроны, аксоны которых делятся, образуя “корзины” вокруг других ганглиозных клеток. В мозжечке есть похожие клетки, аксоны которых делятся на ветви, которые распадаются, заключая клетки Пуркинье. Клетки того же типа встречаются в нескольких других ситуациях. В некоторых случаях концевые ветви, участвующие в формировании корзинок, немногочисленны, толсты и неуклюжи. Они как бы хватаются за тело клетки, которую окружают, подагрическими пальцами. В других случаях корзинка представляет собой клубок тонких нитей. Трудно понять, какую роль клетки такого типа могут играть в проводимости. От обонятельного и зрительного центров нервные волокна простираются наружу к обонятельной луковице и сетчатке. Здесь снова имеет место устройство, которое не укладывается ни в какую схему. Мы могли бы привести множество примеров. Но, возможно, было сказано достаточно, чтобы передать впечатление, которое мы хотим оставить, что, хотя эксперимент убедительно доказывает, что нервная система состоит из ассоциации сенсомоторных проводящих дуг, и хотя анатомические исследования



демонстрируют существование цепочек нейронов, принимающих участие в формировании таких дуг, невозможно свести систему к схемам или составить диаграммы, в которых все структурные элементы, даже гипотетически, были бы расставлены по своим местам.

Здесь, возможно, будет удобно привлечь внимание к различиям, которые отличают **симпатическую систему** - ганглии и нервы внутренних органов и кровеносных сосудов — от системы, предназначенной для установления связи органов чувств со скелетной мускулатурой, которую мы в основном рассматривали до сих пор. Волокна заднего корешка спинномозгового нерва, которые передают импульсы от кожи и мышечных органов чувств, и волокна его переднего корешка, которые передают импульсы к скелетным мышцам, имеют одинаковый диаметр - около 15 мкм. В дополнение к этому, корни содержат волокна, которые передают импульсы от внутренних органов и доставляют их к ним. Те, которые передают импульсы от внутренних органов, сильно различаются по толщине, некоторые из них такие же большие, как другие чувствительные нервы заднего корешка. Диаметр волокон, идущих к внутренним органам, не более чем в пять раз больше диаметра других волокон переднего корешка. Аналогичные тонкие волокна обнаружены в блуждающем нерве. Если удалить все органы из груди и брюшной полости животного, то можно увидеть цепочку маленьких жемчужных ганглиев, соединенных продольным канатиком, лежащих по обе стороны от тел позвоночных, по одному ганглию на каждый сегмент. Эта цепочка ганглиев называется “симпатической цепью” (ср. с. 243). К этим ганглиям присоединяются мелкие продолговатые волокна передних спинномозговых корешков. Некоторые из них разрастаются вокруг своих клеток; некоторые проходят мимо них, чтобы разрастись в ганглиях, которые лежат дальше, по ходу крупных кровеносных сосудов и во внутренних органах. Аксоны нейронов, клеточные тела которых находятся внутри ганглия, распадаются на пучки немозговых волокон. Таким образом, увеличивается количество волокон симпатической системы. Каждый из его нейронов является станцией размножения и распределения. Нет никаких доказательств того, что он каким-либо образом служит “центром”, принимает участие в рефлекторных действиях или иным образом узурпирует функции серого вещества спинного мозга. Нервные клетки густо разбросаны между слизистой оболочкой и мышечной оболочкой, а также между двумя слоями мышечной оболочки пищеварительного тракта. Не так уж точно, что у этой системы нет “центральных” функций. Поразительная степень, в которой стенка кишечника сохраняет свою способность к скоординированным движениям после того, как все нервы, идущие к ней от ганглиев и через блуждающий нерв, были перерезаны, предполагает, что сплетение нервов внутри нее действительно действует в некоторой степени как рефлекторный центр. Если мы оставим открытым случай с внутренней нервной системой пищеварительного тракта в ожидании дальнейших доказательств, то нет никаких оснований рассматривать симпатическую систему как в какой-либо степени независимую от спинного и головных мозгов. Он выполняет свою работу в большом масштабе, и его работа низкого порядка. Природе не нужно соединять внутренние органы и кровеносные сосуды с центральной нервной системой с помощью волокон такой толщины, какие используются для скелетных мышц. Удобнее обеспечить размножение нервов — которых должно быть чрезвычайно много из-за относительно небольшого размера мышечных волокон, для которых они предназначены, — вне центральной системы, чем включать в нее необходимые распределительные клетки. И снова мы обнаруживаем, что нервная клетка, когда мы видим ее вблизи, не проявляет никаких признаков административных способностей. Ганглиозная клетка симпатической системы, хотя и другой формы, столь же велика и сложна по форме и структуре, как пирамидальная клетка коры

головного мозга; однако работа, которую она выполняет, носит чисто механический характер. Он получает, усиливает, передает импульсы, которые доходят до него из центральной нервной системы.

Часто повторяемое утверждение о том, что нервное волокно представляет собой вытянутый отросток тела нервной клетки, подготовило читателя к тому, что оно умирает, когда его отрезают от центрального соединения. Когда аксон мертв, оболочка, которая его окружает, быстро теряет свой трубчатый характер. Если известно положение тел нервных клеток, можно сразу предсказать, на какой стороне разреза произойдет **дегенерация**. Предположим, что срединный нерв был перерезан на запястье. Все нервные волокна на дистальной стороне раны должны атрофироваться, тогда как ни одно из волокон на проксимальной стороне не будет затронуто. Двигательные волокна имеют свои клеточные тела в спинном мозге, сенсорные - в спинномозговых ганглиях. Дегенерации, возникающие в результате поражений центральной нервной системы, научили патологов большому о ходе волокон в белом веществе, чем любой другой класс наблюдений. О дегенерации выше очага поражения говорят как о восходящей, ниже — как о нисходящей, а не о том, что она прогрессирует вверх или вниз. Это происходит на всем участке волокна, которое было выделено из своего клеточного тела, одновременно или почти в одно и то же время. Мысль о том, что импульсы больше не могут восходить или нисходить, в зависимости от обстоятельств, санкционировала выражения “восходящая” и “нисходящая” дегенерация.

Восстановление функциональной активности участков волокон, которые дегенерировали в головном или спинном мозге, никогда не происходит, но разорванные периферические нервы **регенерируют**. Это не значит, что волокна соединяются конец к концу среза, однако очистите рану. Рана на запястье, рассекающая срединный нерв, может зажить за несколько дней “по первому побуждению”, если речь идет о других тканях; но в течение двух-трех месяцев к пациенту не возвращается способность использовать мышцы руки, которые снабжал нерв, или осязание в области кожи, на которую он был нанесен. Концы аксонов на проксимальной стороне раны должны расти вниз, чтобы установить новые соединения в мышцах и коже. Интервал, который проходит между заживлением раны на запястье и восстановлением чувствительности и способности двигаться, занимает их уменьшение.

Восстановление связи регенерированных нервов с их концевым аппаратом представляет для разума любопытную проблему. Нет никаких доказательств того, что по мере восстановления функций мозгу приходится заново изучать положение сенсорных точек на коже или заново приобретать навыки использования мышц, которые снова попадают под его контроль. С того момента, как отрастающие нервы восстановили свои концевые соединения, кожа и мышцы получили свое правильное представительство в мозге, как бы сильно ни были искривлены два обрезанных конца в их отношении друг к другу. Кажется непостижимым, что каждое нервное волокно может найти дорогу к своему первоначальному месту; но если это не так, наше представление о режиме работы нервной системы все еще нуждается в существенном уточнении по сравнению с аналогией с телефонной станцией, с помощью которой мы, естественно, помогаем нашим объяснениям. Если телефонный кабель был перерезан, его можно снова использовать только одним из двух способов. Либо два отрезка каждого провода, которые были перерезаны, должны быть воссоединены, либо номера абонентов должны быть перераспределены.

Эксперимент по соединению проксимального сегмента одного нерва с дистальным сегментом другого нерва совершенно иной функции дает результаты, которые оказывают еще более сбивающее с толку воздействие на нашу теорию нервной системы. Симпатический канатик шеи и блуждающий нерв расположены очень близко друг к другу, рядом с сонной артерией. Блуждающий нерв является как афферентным, так и эфферентным. Симпатическая система полностью эфферентна — т.е. Она проводит импульсы, которые поступают по симпатической цепи в грудной клетке в направлении головы. Если перерезаны оба нерва и конец блуждающего нерва повернут так, что он находится в соприкосновении с верхним концом симпатического, его регенерирующие волокна прокладывают себе путь вдоль симпатического канатика, вверх, к верхнему шейному ганглию. Они оплетают тела его ганглиозных клеток, точно так же, как раньше это делали симпатические волокна. Блуждающий нерв выполняет множество функций. Помимо прочего, он подавляет сокращение сердца, сужает бронхи легких, расширяет кровеносные сосуды кишечника и помогает регулировать движения этих внутренних органов. После того, как она заняла место верхнего сегмента симпатического отдела, она расширяет зрачок, сужает кровеносные сосуды уха, поднимает волосы на голове дыбом, как будто на манер прирожденного. Возьмем другой пример: у обезьяны два нерва, питающие соответственно определенные мышцы-сгибатели и определенные мышцы-разгибатели предплечья, были перерезаны, и их концы пересеклись, так что нервные волокна-сгибатели приросли к мышцам-разгибателям, а волокна-разгибатели - к мышцам-сгибателям. При первом использовании новых дорог не было ошибок в рефлекторных или волевых действиях. Обезьяна не разжимала руку, когда пыталась почесаться или схватить орех.

Когда экспериментальные данные только начали накапливаться, физиологи нарисовали диаграммы и создали модели нервной системы, на которых они представили ее состоящей из проводящих дуг. Дуги были наложены друг на друга, чтобы указать, что они были различных степеней — спинномозговые для обычных рефлексов, бульбарные для скоординированных действий, через серое вещество в центре большого мозга для “идеомоторных” действий, через кору большого мозга для произвольных действий. Они говорили о власти и ответственности, сравнивая нервную систему с армией или клубом. Преждевременно пытаться построить теорию нервной системы, совместимую с недавними открытиями относительно ее структуры и способа работы, но ясно, что диаграммы и метафоры, на которые мы только что ссылались, вводили в заблуждение. Вместо того чтобы пытаться расчленить машину, мы должны подчеркнуть ее структурное единство. Результаты, полученные при соединении разнородных нервов, не могут быть объяснены ссылкой на модель, сделанную из проволоки и кусочков пробки. Они не вписываются ни в какую организацию человеческих подразделений, ни в какую почтовую систему или телефонное устройство для передачи новостей. Вероятно, наиболее плодотворными окажутся следующие рассуждения: (1) Эфферентный разряд происходит в результате замыкания цепи от мышцы обратно к мышце. Афферентные импульсы — назовем их сенсорными, при том понимании, что это не означает, что они проявляются в сознании, — непрерывно передаются от рецепторов к эффекторам в мышцах. Ощущение — в случае со скелетными мышцами обычно кожное — усиливает их до точки разрядки. Если спинной мозг отделен от головного, восходящий и нисходящий ток не выходит за пределы его серого вещества. Происходит короткое замыкание. Если головной мозг находится в нормальной связи со спинным мозгом, сенсорные импульсы проходят вверх к его коре головного мозга (без пробуждения сознания, за исключением исключительных случаев, или, как мы предпочли бы выразить это в этой связи, без привлечения внимания) в степени, которая варьируется в

зависимости от нескольких классов рецепторов и животного. Обезьяна, доведенная до состояния “спинномозгового животного” — *то есть* отделенным от головного мозга спинным мозгом, — менее компетентна, чем собака, а человек гораздо менее компетентен, чем обезьяна. Другими словами, человек обычно использует свой мозг больше, чем обезьяна, а обезьяна больше, чем собака. Соотношение веса мозга к весу тела примерно указывает на роль мозга в управлении движением тела. (2) Коммуникация внутри нервной системы практически неограниченна. Если до того, как срединный нерв был разделен на запястье, рецептор А обычно инициировал ток, который проходил по цепи к эффектору Х, а рецептор В - к эффектору Y, и если новые волокна, которые росли вниз, сбились с пути, так что то, которое раньше принимало сообщения от А, прикрепилось к В, а то, которое использовалось для передачи команд на Х, прикрепилось к Y, А, таким образом, не отсекается от Х, а В - от Y. Такая механическая связь ограничена нашими диаграммами. Она не входит в план Природы. В спинном мозге нет неизменяемых путей. Посланец из точки А всегда может достичь либо Х, либо Y. Это был не путь, а борьба с конкурирующими посланниками, которая привела его к Х.

Когда мы пытаемся представить себе механизм нервной системы, мы сталкиваемся с явлениями, которые кажутся несовместимыми. Один набор наблюдений приводит к концепции замкнутых путей; другой набор указывает на разомкнутый проводник. Экспериментальное пересечение нервов, о котором мы только что упомянули, показывает, что нервная система обладает способностью к адаптации до такой степени, которая кажется невероятной любому, кто пытается сравнить ее с любым из человеческих устройств для установления связи. Кажется, что пути прокладываются сами собой. С другой стороны, более важные и, следовательно, доминирующие рефлекторные действия, такие как глотание, дыхание, поддержание положения тела, обусловлены объединением рецепторов и эффекторов линиями, которые либо зарезервированы для их исключительного использования, либо, если они разделяются другими течениями, то при том понимании, что они претендуют на первое и всецело доминирующее положение. Никакие конкурирующие импульсы не могут отвлечь их или преградить им путь. Все рефлексы, которые в истории гонки установили свое право на доминирование, не только захватывают и удерживают маршрут через нервную систему, исключая всех конкурентов, но, как мы уже показали в случае с импульсом глотания, движение по соседним маршрутам приостанавливается в их пользу. На другом конце шкалы мы находим рефлексы, которые можно назвать “случайными”, поскольку, хотя они встречаются часто, они демонстрируют безграничную изменчивость формы. Случайные рефлексы требуют, в качестве предварительного условия для их передачи, чтобы афферентные импульсы, которые их вызывают, обеспечивали на некоторое время исключительное использование двигательных нейронов, с помощью которых они осуществляются. Рецепторы приводят двигательные нейроны в гармонию с самими собой, и пока они находятся в гармонии, они не будут реагировать ни на какие импульсы от других. Но настройка длится недолго. Либо рецептор, либо нейрон, либо оба сразу устают. Нет опасности того, что конкретный рефлекс будет продлен в ущерб организму в целом. В качестве иллюстрации случайного рефлекса мы можем привести царапающее движение собаки. Ее кожа проколота блохой. Она чешет это место. Вторая блоха кусает ее где-то в том же районе. Собака не сдвигает заднюю лапу, чтобы почесаться на полпути между двумя укусами. Он заканчивает с одной царапиной, прежде чем обратить внимание на своего второго мучителя. Точное положение, в которое поднимается задняя лапа, зависит от положения раздражителя; и поскольку оно может быть перемещено на очень значительную поверхность, форма рефлекса варьируется в столь же широких пределах.

Каждый из очень многочисленных рецепторов в коже настраивает несколько иную группу двигательных нейронов; и поскольку второй раздражитель может усилить первый, вместо того чтобы вносить изменения в группу нейронов, которые вызывает рефлекс, ясно, что не существует фиксированного пути, соединяющего рецептор А с нейронами X, Y, Z и рецептор В с нейронами W, X, Y. Однако, если второе раздражение возникает в месте, лежащем на значительном расстоянии от А, вместо усиления царапающего движения, которое запустил А, оно ослабляет и укорачивает его. Рецептор С, который требует разрядки заметно отличающегося набора двигательных нейронов, имеет тенденцию подавлять те, которые уже активны. Эти результаты с точностью тестируются на “собаке со спинным мозгом” с помощью электрической иглы, другой полюс которой от батареи представляет собой большую плоскую пластину, помещенную в контакт с телом животного. Концепция определенных путей, к которой приводит созерцание постоянных рефлексов, неуместна для случайных рефлексов. Последние демонстрируют настолько широкий диапазон изменчивости и приспособляемости, что доказывают, что данный рецептор может приводить в связь с собой любую из большого разнообразия групп двигательных нейронов; точно так же на данную группу нейронов могут воздействовать импульсы от большого количества различных рецепторов. Мы назвали это настройкой двигательных нейронов. Одна метафора ничем не хуже другой. Физический процесс, который у безмозглой лягушки лежит в основе подготовки к разрядке двигательных нейронов в спинном мозге, на той же стороне, что и нога, на которую кладут укус, пока эта нога свободна, и на противоположной стороне, когда эта нога зафиксирована, неизвестен. Мы, кажется, улавливаем проблеск двойственности действия, рецепторы в мышцах объединяются с рецепторами в коже при определении путей, по которым должны отражаться импульсы — эффективные мышцы повышают чувствительность своих собственных нейронов к настроечному влиянию импульсов от зондирующих кожных нервных окончаний. Но при нынешнем уровне знаний невозможно сформулировать работающую схему.

**Органы чувств и нервные центры.** Огромное количество труда было посвящено изучению внешней формы центральной нервной системы и разгадке ее внутренней структуры; выделению различных групп нервных клеток, распутыванию бесчисленных пучков волокон. Поверхность головного и спинного мозга была нанесена на карту и измерена. Каждый миллиметр его вещества был разрезан на микротомы. Органы, которые пятьдесят лет назад казались слишком сложными для исследования, были описаны в мельчайших деталях. Для справочных целей доступно огромное количество данных; однако любой, кто представляет теорию нервной системы в том виде, в каком она существует в настоящее время, на всеобщее обозрение, должен допустить, что результаты анатомических исследований лишь незначительно влияют на ее построение. Причину этого далеко искать не нужно. По мере развития знаний очевидное или, скорее, ожидаемое усложнение системы уступило место идеям единства и простоты. Его внешняя конфигурация и различное расположение в “ядрах” нервных клеток могут быть, без всяких преувеличений, описаны как случайные. Форма тела и вытекающее из этого расположение клиентов нервной системы определяют расположение и степень концентрации различных бизнес-центров. Это показывает, если проследить по всему животному царству, крайнюю изменчивость составляющих его органов при абсолютном единообразии плана. Действительно, с физиологической точки зрения термин “орган” едва ли допустим. Это подразумевает слишком большое разнообразие функций. Несколько частей, на которые, очевидно, делится центральная нервная система, взаимодействуют настолько тесно, что не позволяют нам думать о них как об отдельных органах.

Если мы хотим захватить цитадель центральной нервной системы, необходимо испробовать все подходы. Необходимо изучить его внешнюю форму, изучить мельчайшую структуру под микроскопом, сравнить его модификации у различных животных, проследить за его развитием, протестировать его реакции на искусственные раздражители, наблюдать за его патологическими недостатками и капризами. И все же из всех средств, которые использовались в попытках проникнуть в его тайны, изучение его истории с помощью методов сравнительной анатомии и эмбриологии, вероятно, больше всего способствовало развитию здравых идей относительно способа его функционирования. Первая дифференцировка, видимая в бластомере — скоплении клеток, на которые делится яйцеклетка и из которых строится эмбрион, — имеет отношение к формированию нервной системы. Если проследить за самыми ранними стадиями его роста и сравнить различные фазы, через которые он проходит, с формами, которые он постоянно принимает у низших животных, план или тип, по которому он построен, становится отчетливым. Проследивая линию развития самых ранних позвоночных, мы можем ясно различить форму нервной системы, которой обладал их прототип. Не то чтобы этот “идеальный предок” когда-либо существовал. Опыт учит, что маловероятно, чтобы какое-либо когда-либо жившее животное было абсолютно правильным и симметричным во всех своих частях; тем не менее, этот тип можно представить в виде совершенно правильной схемы. Идеальный предок позвоночных был сегментирован, как гусеница или червь. Его рот находился не на передней оконечности тела, а на два (или более) сегмента позади нее. Каждый сегмент имел по органу чувств (в какой-то момент два органа чувств) с каждой стороны. Под каждым органом чувств находился комок “серого вещества”. Каждый сегмент также содержал (хотя и не в самую раннюю эпоху) два скопления нервных клеток и нейропил в более центральном положении. Эти “узлы” были соединены продольными и поперечными спайками. Они получили аксоны клеток, которые лежат в скоплениях под органами чувств. Они дали аксоны различным мышцам. Таков тип, из которого развилась современная нервная система: два отдельных органа чувств и целостная нервная система для каждого сегмента, органы чувств соединены с ганглиями одной и той же стороны, ганглии двух сторон связаны вместе по средней линии, и каждый ряд органов чувств и каждый ряд ганглиев объединены продольными спайками в цепочку. В нервной системе, какой мы ее видим сейчас, большинство этих сегментарных органов чувств исчезло; но способ образования цереброспинальных узлов показывает, что они представляют собой скопления нервных клеток, которые лежали под исчезнувшими органами. В носу и глазу серое вещество сохраняет свое первоначальное положение в непосредственной близости от принимающих эпителиальных клеток — в обонятельной луковице и более глубоких (передних) слоях сетчатки. Узлы слухового нерва находятся в костях уха. Спинномозговые узлы расположены близко к спинному мозгу. Слуховые и спинномозговые ганглии содержат только тела клеток первых собирающих нейронов (чувствительных нервов) вместе с некоторыми любопытными соединительными клетками, о которых уже говорилось ([стр. 324](#)), все остальные составляющие периферических сгустков серого вещества, которые находятся в обонятельной луковице и сетчатке, были выведены из спинномозговых ганглиев в ось головного и спинного мозга.

Органы чувств, расположенные перед ртом, с самого начала имели огромное преимущество перед другими в качестве наблюдательных пунктов. В то время как органы тела собирали информацию о предметах, с которыми животное вступало в контакт, и, следовательно, специализировались на прикосновении, давлении, температуре и, в случае рыб, чувствительности к химическому составу среды, в которой обитало животное, органы головы

специализировались на реагировании на силы, действующие на расстоянии — взвешенные в воздухе частицы, вибрации света, пульсации звука. Чувствительность к прикосновениям, если мы хотим, чтобы она была полезной, должна быть широко распространена. Таким образом, органы тела разбиты на разрозненные группы клеток чувств. Сенсорные пятна разбросаны по всей поверхности, хотя они расположены гораздо ближе друг к другу на участках кожи, которые обычно первыми соприкасаются с внешними объектами, чем в других местах. Эффективность работы органов чувств головы — носа, глаз и ушей — зависела от того, оставались ли они компактными. Прогресс в животной жизни, как мы его понимаем — подъем от низших форм к высшим — зависел от возрастающей интеграции организма и координации его функций. Нервная система является средством, которое достигло этого объединения. Каждый шаг вперед зависел от обеспечения большего количества нервной ткани для соединения различных частей вместе. Мы уже видели (стр. 329), насколько тесным является объединение рецепторов и эффекторов всех видов через спинной и головной мозг. Подавляющее преобладание в направлении действия носа, глаза и уха привело к накоплению вблизи них постоянно увеличивающегося количества серого вещества. Полушария головного мозга, или “большой мозг”, представляют собой выросты из первой пары ганглиев, направленные к обонятельным ямкам. Первоначальные глаза имели аналогичное отношение ко второй паре ганглиев — эпитет “оригинальные” подразумевает, что глаза, которыми мы сейчас пользуемся, не являются органами, с помощью которых видели наши допозвоночные предки. Сначала исчез один из первоначальных глаз, а затем и другой. Следы второго все еще можно увидеть в “шишковидном теле”, которое находится на дорсальной стороне мозга каждого позвоночного животного — у млекопитающего, глубоко скрытого в расщелине между головным мозгом и мозжечком. Вместо шишковидной железы два других органа чувств специализировались как глаза. Они построены по другому плану и представляют собой, короче говоря, вывернутые наизнанку шишковидные глаза; ибо, в то время как в шишковидных глазах, как и в большинстве глаз беспозвоночных животных, палочки и колбочки, которые являются чувствительными к свету клетками сетчатки, направлены вперед, к хрусталику, палочки и колбочки наших постоянных глаз направлены в сторону от источника света. Это изменение позволило обеспечить их более обильным питанием, и, следовательно, им была дарована большая способность различать отдельные точки в пространстве и различать цвета. Замена первоначальных глаз другими органами чувств усложнила картины, которые представляет нам мозг на его последовательных стадиях развития; но это не мешает нам распознавать общий план. Вероятно, вторичные глаза, как и их предшественники, принадлежали к доротовому сегменту. Органы чувств сегмента позади рта развились в уши; и ухо на самых ранних стадиях своего развития было и остается чем-то большим, чем орган слуха. Ее полукруглые каналы передают информацию о перемещениях в пространстве. Знание положения своего тела для рыбы гораздо важнее, чем ее способность слышать удары прибоя о скалы. В кости, в которой находится ухо, выдолблены три закольцованных туннеля, с обоих концов ведущих в общую камеру (ср. рис. 38). Расположенные под прямым углом друг к другу, они занимают все три измерения пространства. Откройте блокнот так, чтобы одна из его обложек лежала горизонтально, а другая — вертикально, и приложите лист бумаги вертикально к нижней части страниц. Изогнутая линия, проведенная на каждой из этих трех поверхностей, будет представлять три полукруглых канала. Разложите другой блокнот таким же образом и положите оба на стол так, чтобы две вертикальные обложки были наклонены одна к другой кпереди под углом 90 градусов. Шесть поверхностей будут находиться в плоскостях шести полукруглых каналов. Внутри каждого костного канала находится перепончатая трубка, к которой отходят нервы, заполненные жидкостью. При

изменении положения головки жидкость внутри мембранозных трубок скользит по их стенкам. Она остается позади в момент начала движения. Она достигает своего резервуара, когда движение прекращается. Стимул, полученный нервными окончаниями, распознается как указывающий на изменение ориентации головы. Если движение жидкости сильное, как при вальсировании, потеря чувства положения приводит мозг в замешательство до такой степени, что возникает головокружение. На какое-то время спокойная уверенность, от которой так много зависит, что человек знает, как находится его тело по отношению к окружающему, уступает место хаосу ощущений. Исходя из характера случая, информация, которую предоставляют полукружные каналы, относится к изменениям. Они не помогают установить положение головы в состоянии покоя. Это должно быть причиной, хотя связь не очень ясна, ослабления эффекта в сознании при длительной стимуляции, а также очень выраженного послевкусия. В начале рейса внимание может быть неприятно привлечено к качке судна. Через несколько дней это перестает быть заметным; и все же, когда путешественник ночью после приземления просыпается в темноте, он обнаруживает, что его спальня такая же неустойчивая, как и его каюта. Поспешный подъем, попытка приспособить свое положение к качающемуся полу (мы исходим из личного опыта) может привести к сильному падению. Хотя этот феномен следует отнести к другим “последующим ощущениям”, он настолько продолжителен, что позволяет предположить, что сознание, привыкшее к миру, который вызывает возвратно-поступательное движение эндолимфы, неверно истолковывает отсутствие ощущений как признак изменения.

Вкус - это, практически, особый вид запаха. Обонятельная мембрана рыбы, вкусовые рецепторы и химические органы “боковой линии” служат тому же смыслу, хотя, без сомнения, они применимы к анализу различных форм вещества в растворе.

Наше идеальное допозвоночное теперь вышло из своего примитивного недифференцированного состояния. Перед своим ртом оно несет органы, с помощью которых оно исследует мир. Непосредственно за ртом расположены органы слуха и ориентации. Остальная поверхность тела наделена способностью распознавать “вкус”, температуру и контакт. Обоняние, зрение и ориентация определяют развитие мозга.

Головной мозг, который в конечном итоге стал, какместилище сознания, а следовательно, и аппарата мышления, доминирующим фактором в нервной системе, был в первую очередь частью мозга, связанной с распределением по мышцам импульсов, генерируемых в органах обоняния. В мозге рыбы едва ли есть какие-либо указания на репрезентацию в полушариях головного мозга каких-либо других чувств, даже зрения.

Мозг птицы представляет собой разительный контраст с мозгом рыбы. За исключением аптерикса и других наземных птиц Новой Зеландии, все птицы, по-видимому, лишены обоняния. Зрение - это чувство, от которого зависит их жизнедеятельность. Он проник в головной мозг, превратив его в орган, в котором зрительные ощущения превращаются в “материал для разума”. Связь с долей зрительного нерва ограничена выполнением рефлекторных действий, при которых за зрением немедленно следует движение.

Все органы чувств представлены в огромном мозге млекопитающих. Головной мозг, который обязан своим существованием связи с благоприятно расположенным органом чувств носом и значение которого возросло, когда в него вторглось зрение, теперь приобрел такие чувства, как слух, вкус и осязание. Исключается только то, что может быть названо в общем интуитивном смысле, и чувство ориентации.



Возвращаясь к исходной точке, мы видим сегментированное животное; его сегменты равной ценности; его нервные реакции несегментарны, хотя и связаны в функциональной последовательности. Если он начинает ходить, то вследствие стимуляции одного из его органов чувств импульс к ходьбе распространяется от сегмента к сегменту. Сравнивая новейший продукт эволюции с самым ранним, мы обнаруживаем, что нервная ткань сконцентрировалась на переднем конце тела. Двойная цепочка ганглиев, теперь сведенная в ось головного и спинного мозга, по-прежнему содержит все эффекторные нейроны, с помощью которых мышцы приводятся в действие. Чувствительные нервы все еще расположены древовидно в оси, обеспечивая механизм приведения в действие двигательных нейронов. Но подавляющее большинство промежуточных, или интеркалированных, нейронов было притянuto к двум огромным массам мозга — мозжечку и cerebrumu. В первом случае все ощущения (неосознанные), связанные с тонусом, положением, ориентацией и равновесием, преобразуются в соответствующие импульсы для регуляции мышечной системы. В последнем случае все ощущения, которые передают информацию об отношении окружающей среды, включая тело, к эго — *не-я к мне*, — преобразуются в моторные разряды, которые запускают движения (и мысли), посредством которых достигаются цели жизни; ибо только в коре большого мозга происходит прохождение нервных токов, сопровождаемых сознанием. Концентрация нервной ткани позволяет сочетать ощущения. Это также способствует не менее важному эффекту взаимного влияния, интерференции. Ощущения подавляются, и, следовательно, множество реакций, которые они могли бы вызвать, подавляются в интересах ограниченного и устойчивого движения или мышления.

**Мозжечок.**—У акул и других быстро плавающих рыб большой, с глубокими трещинами мозжечок, поскольку мозжечок - это часть мозга, которая собрала в себе большую часть серого вещества, связанного с балансированием, осанкой. Мозжечок у птиц крупный и глубоко складчатый. Развившись из ганглиев, к которым слуховой нерв передает импульсы из полукружных каналов, он установил связи со всеми другими нервными тканями, связанными с ощущениями положения, напряжения или давления, включая глаза, которые предоставляют информацию о положении наших конечностей относительно туловища и всего тела относительно внешних объектов. Морфологически это средний рост. Наречие - один из тех уточняющих терминов, удобных в науке, которые направляют мысль, не ограничивая ее. Используемый выше, он подразумевает, что любой, кто представляет себе мозжечок всех животных, от рыб до Человека, и на всех стадиях роста, от их самого раннего появления у эмбриона до их состояния у взрослого человека, видит этот орган как срединный выступ, возвышающийся над продолговатым мозгом. Выпуклости его боковин, которые в анатомии человека называются полушариями, не нарушают его центрального, непарного плана строения. У него, правда, есть латеральные отростки с обеих сторон (комбинированный флоккулюс и парафлоккулюс в анатомии млекопитающих), но эта доля, хотя и представляет большой исторический интерес, настолько мала по сравнению со средним ростом, что не влияет на наше общее представление о форме органа. Поперечными трещинами мозжечок разделен на ряд долей.

По внешнему виду мозжечок сильно различается у разных классов и отрядов позвоночных. Однако в основе этого разнообразия лежит заметное единство плана. Сагиттальный разрез органа акулы, птицы, кенгуру, собаки, кита, Человека показывает, что он разделен спереди назад на одинаковое количество долей у животных, занимающих все позиции от нижней до верхней части чешуи позвоночных. Даже самые незначительные попытки постичь значение

этого мистического числа, девяти, убеждают в безнадежности любых попыток соотнести форму мозжечка с мышечным развитием или сенсорными способностями позвоночных как подотряда. Это одно и то же для животных с конечностями и животных без них; животных с хорошо развитыми носами или глазами и животных, лишенных того или иного из этих органов чувств. Это единообразие чрезвычайно важно по сравнению с большими различиями, проявляемыми полушариями головного мозга. Это показывает, что, в отличие от большого мозга, который является посредником между несколькими органами чувств и мышечной системой, маленький мозг заинтересован в том, чтобы вносить коррективы в окружающую среду, которые одинаково важны для всех животных, независимо от того, насколько далеко они могут отклоняться от общего типа. Мозжечок пересекают глубокие борозды, разделяющие его на узкие извилины, или фоллии. Фоллии сгруппированы в девять долей. Если читатель взял в качестве иллюстрации мозг овцы, он заметит, что боковые области мозжечка имеют сложный вид из-за искривления листков, которое является результатом неравномерного развития нескольких долей по бокам от него. По своим общим размерам мозжечок идет в ногу с головным мозгом, правая сторона одного органа связана с левой стороной другого.

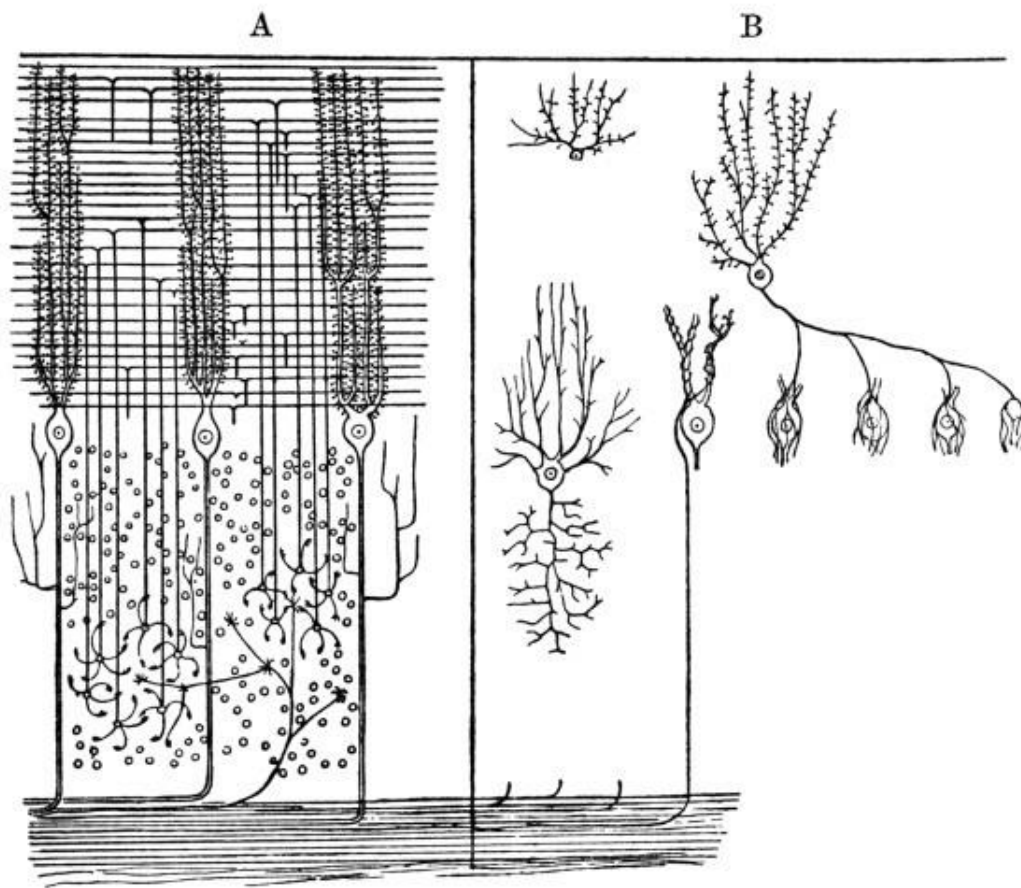


Рис. 23. Вертикальный разрез коры мозжечка, разрезанный параллельно Длинной оси Листка.

А показаны три клетки Пуркинье, их шпалерные системы дендритов видны в профиль. "Мшистое волокно" входит в зернистый слой из белого вещества. Показано около дюжины гранул, каждая с четырьмя или пятью дендритами и одним аксоном. Аксон раздваивается в молекулярном слое, две его ветви тянутся на значительное расстояние влево и вправо вдоль листа. В показаны

другие нервные элементы, которые находятся в коре головного мозга: клетка Гольджи с разветвленным аксоном, вьющееся волокно, корзиночная клетка, аксон которой делится на четыре ветви, и маленькая звездчатая клетка.

Серое вещество, покрывающее поверхность мозжечка, его кору, имеет исключительно правильный микроскопический рисунок (рис. 23). Он разделен на три слоя: на поверхности - молекулярный слой, в котором разветвляются дендриты клеток Пуркинье; под ним - тонкий слой, в котором расположены клеточные тела этих нейронов; в-третьих, слой мелких клеток, или гранул. Клетки Пуркинье и гранулы уже были описаны (стр. 303). К ним следует добавить звездчатые, заключающие в скобки клетки молекулярного слоя, аксоны которых делятся, образуя корзинки вокруг ряда клеток Пуркинье, и клетки Гольджи зернистого слоя. Эти последние представляют собой сравнительно крупные клетки, имеющие дендриты без шипов и аксоны, которые многократно разветвляются в зернистом слое, не переходя в белое вещество, лежащее в основе коры головного мозга. Два вида нервных волокон доставляют импульсы в кору головного мозга: (1) “Мшистые” волокна, несущие розетки нитей, которые распределяют импульсы по гранулам; и (2) “вьющиеся” волокна, или “усиковые” волокна, которые, проходя через зернистый слой, подобно плющу цепляются за ствол и основные ответвления дендритных отростков клеток Пуркинье. Аксоны клеток Пуркинье, несомненно, передают импульсы от коры головного мозга, но их назначение точно неизвестно.

Однородность структуры мозжечка предполагает, что он “действует как единое целое”. Анатомия не дает оснований ожидать, что работа разного рода выполняется несколькими его долями. Его простота заставляет надеяться, что когда-нибудь его механизм будет понят; но в настоящее время в наших знаниях так много пробелов, что трудно, а возможно, и бесполезно пытаться свести воедино те немногие анатомические факты, в которых мы уверены.

Посредством путей афферентных волокон мозжечок имеет очень обширную связь с серым веществом спинномозговой оси (включая зрительный таламус), в которое направляются сенсорные импульсы всех видов. Результаты экспериментов показывают, что орган распределяет импульсы по всей длине спинномозговой оси, от уровня нейронов, управляющих мышцами, приводящими в движение глаза, до его дальнего заднего конца. Никакие нервные корешки не входят в него. Его афферентные волокна представляют собой аксоны клеточных тел, которые лежат в задних рогах серого вещества спинного мозга и в соответствующем сером веществе оси головного мозга, особенно в той части, которая связана с нервом из полукружных каналов. Другой набор афферентных волокон лежит на периферии спинного мозга, образуя один из наиболее четко очерченных спинномозговых путей. Он также является одним из древнейших, поскольку встречается в одинаковом положении у всех позвоночных животных. Его волокна, которые исключительно велики, представляют собой аксоны клеток, образующих совершенно определенный столбик — “везикулярный столбик Кларка” - на срединной стороне заднего рога. Дальше этого мы пойти не можем. Мы не осведомлены о природе сенсорных впечатлений, собираемых клетками Кларка. Мозжечок также получает через свою среднюю ножку аксоны клеток, которые лежат в варолиевом мосту на противоположной стороне; эти клетки разряжаются импульсами, нисходящими из коры большого мозга. Не исключено, что он отдает великому мозгу столько волокон, сколько получает от него.

Если бы у нас не было экспериментальных доказательств той роли, которую мозжечок играет в гармоничной работе всей нервной системы, мы должны были бы заключить из его структуры и

связей, что он в некоторой степени механический, скорее координирующий деятельность других частей, чем сам по себе функционально независимый орган. Патологические и физиологические наблюдения вполне определенно подтверждают этот вывод. Они показывают, что мозжечок не является необходимым для жизни. Он может быть полностью разрушен болезнью или удален операцией, не лишая человека какой-либо отдельной функции или способности. Заболевание мозжечка не снижает чувствительности пациента ко всякого рода раздражителям и не лишает его возможности использовать какую-либо отдельную мышцу; но оно низводит его до состояния человека, который привычно пьян походкой, но не разумом. Когда он ходит, его шатает из стороны в сторону; когда он протягивает руку, она дрожит. Его движения отрывисты; его голова трясется, глаза вращаются; он страдает от чувства головокружения; его речь становится прерывистой. Мозжечковая атаксия, которая является редким заболеванием, во многих отношениях напоминает гораздо более распространенную “локомоторную атаксию”, вызываемую заболеванием спинномозговых узлов и частей спинного мозга, связанных с задними корешками; но тщательный анализ симптомов показывает, что они обусловлены не отсутствием ощущений, которые направляют движения, а неспособностью регулировать силу мышечных сокращений. Человек, страдающий локомоторной атаксией, падает, когда закрывает глаза, потому что, не имея возможности чувствовать ногами, он зависит от зрения в получении информации о своем поведении. При поражении мозжечка пациент чувствует себя не менее неуверенно с открытыми глазами, чем с закрытыми.

Результаты заболевания или травмы мозжечка напоминают нам о том, что для поддержания равновесия необходима четкая регуляция движений. Собака, у которой был удален мозжечок, сохраняет всю свою природную предприимчивость, все свои инстинкты, все свои эмоции; но каждое действие, требующее от нее поддержания центра тяжести в неустойчивом положении, доставляет ей неприятности. Помещенный в воду так, чтобы его тело находило поддержку, он плавает почти так же хорошо, как обычная собака. Однако легко слишком сильно нагружать уравнивающую функцию мозжечка. Нарушение этой функции привлекает наше внимание; однако, вероятно, это всего лишь косвенный результат подавления деятельности более распространенного характера. Ни одно животное не позволяет себе таких вольностей со своим центром тяжести, какие двуногий Человек совершает, не задумываясь, каждый раз, когда спускается по лестнице. Однако мозжечок кита без конечностей, живущего в среде, которая, так сказать, децентрализует его гравитацию, находится в таком же пропорциональном отношении к остальной нервной системе, как и у Человека. Как ни странно, это единственный мозжечок в животном царстве, который настолько близок к человеческому, что его можно было бы принять за принадлежащий человеку-гиганту; еще одно напоминание о трудности определения функций нескольких частей органа на основе изучения их относительного развития. Что общего у человека и кита, что определяет идентичность формы их мозжечка? Как получилось, что два столь непохожих мозга, как у человека и кита, должны быть связаны с общей формой мозжечка?

Если мы применим к серому веществу различие между сенсорной и двигательной нервной тканью - не имея точной терминологии, трудно избежать этих метафорических выражений, — то мозжечок, по сути, является органом сенсорного развития. Он растет от самого края складчатой бороздки, которая в закрытом состоянии становится центральным каналом головного и спинного мозга, а ее элементы расположены в тесной связи с чувствительными корешковыми волокнами. Миллионы его петель, образованных аксонами гранул и собирательными отростками клеток Пуркинье, являются обходными путями, которые соединяются с

проводниками сенсорных импульсов. От некоторых — например, тех, которые берут начало в мышцах и сухожилиях, а также в полукружных каналах, — большая часть импульса направляется в мозжечок, от других - меньшая. У органа нет двигательных функций. Он не выделяет нейроны, которые контролируют скелетные мышцы, или гладкую мускулатуру, или железы. Тем не менее, он влияет на прохождение импульсов по сенсомоторным цепочкам, и, по-видимому, его влияние универсально. Он регулирует тонус, рефлекторное действие, произвольные действия. Нет такой части нервной системы, над которой не ощущался бы ее контроль. Воздействуя на аппарат, который связывает бесконечное количество рецепторов, содержащихся в организме, с его мышечными волокнами и другими эффекторами, он объединяет организм. Головной мозг, как мы увидим, является органом, объединяющим личность. В ходе эволюции две функции, которые первоначально были объединены, для удобства концентрации были разделены. Большой мозг был освобожден от более механической части работы. То, что он может выполнять функции мозжечка так же хорошо, как и свои собственные, доказывается в случаях врожденной недостаточности этого органа. В нескольких случаях порок развития, выражающийся в очень значительном уменьшении размеров мозжечка, был обнаружен только после смерти, поскольку не было симптомов достаточно выраженного характера, чтобы привлечь к нему внимание при жизни.

**Головной мозг.**—Все наблюдения, сделанные над большим мозгом до 1870 года, показали, что это абсолютно непростительно. Хирурги и физиологи сошлись во мнении, что разрезание, прижигание, пропускание электрических токов через его вещество не приводили к появлению ощущений или движению какой-либо части тела. О его структуре мало что было известно, кроме того факта, что в то время как серое вещество, или кора головного мозга, покрывающая его поверхность, содержит нервные клетки, в белом веществе, составляющем большую часть его объема, можно найти только волокна. Казалось безнадежной задачей пытаться сделать что-либо из массы тканей, столь однородных по строению и столь безответственных к экспериментам. Удаление его частей, по-видимому, вызывало общее притупление интеллекта без потери каких-либо конкретных умственных качеств. Поэтому физиологи говорили о головном мозге как о "функционирующем как единое целое". Френологи, классифицировав различные фазы умственной деятельности как "способности", обнаружили "бугорки" на поверхности черепа, которые они соотнесли с наличием нескольких способностей в заметной степени. Они разделили мозг на органы, отвечающие за различные виды мышления; но их локализация функций была анатомически столь же безосновательна, сколь абсурдна их классификация различных аспектов разума, рассматриваемая как философская система. В 1870 году было объявлено, что электрическая стимуляция определенных участков коры головного мозга животного, находящегося под воздействием анестетика и, следовательно, неспособного к произвольным действиям, вызывает определенные движения. Хотя хирургическое применение этого открытия оказалось чрезвычайно важным, его физиологическая ценность как метода исследования функций мозга чрезвычайно мала. Тем не менее, это открытие дало толчок к дальнейшему изучению коры головного мозга, которое было вознаграждено многими точными результатами. Открытием его возбудимости к электрическим токам было доказано, что вся кора головного мозга выполняет не совсем одинаковую работу или — возможно, это более безопасная форма утверждения — выполняет свою работу не совсем одинаковым образом. Как только стало известно, что он делится на области, различающиеся по функциям, было разработано множество методов, с помощью которых можно было бы попытаться разграничить эти области. Совместные усилия, предпринятые в

течение последних сорока лет специалистами по сравнительной анатомии, гистологами, физиологами, патологами и врачами-терапевтами, привели к приобретению точного, хотя и очень ограниченного, понимания конструкции и способа работы мыслительного аппарата. Некоторые из новых данных психолог может использовать; но что касается физиолога, то предметом изучения является проводник разума, а не его содержание.

С 1870 года был создан новый предмет. Следовательно, насколько это касается нашей настоящей цели, рассмотрение взглядов, которые были распространены до этой даты, ничего не даст; и поскольку, как это всегда должно происходить, когда наука быстро развивается, наблюдения, которые по логике вещей должны были быть сделаны первыми, не задумывались до тех пор, пока не возникла необходимость разработать методы проверки результатов, полученных другими способами, мы рассмотрим различные источники нашей информации без учета хронологического порядка, в котором они были открыты.

Полушарие головного мозга содержит две большие центральные массы серого вещества, хвостатое ядро и линзовидное ядро, часто описываемые как единая структура под названием “полосатое тело”. Их функции неизвестны. Нервные волокна, которые соединяют полушария головного мозга с остальной центральной нервной системой, образуют две толстые конечности или голени на нижней стороне мозга. Каждая кость поворачивается вверх в свое полушарие, между хвостатым ядром и таламусом зрительного нерва (последнее относится к “межмозговому”) с внутренней стороны и двояковыпуклым ядром с внешней. В этом отрывке компактная голень, которая несколько уплощена, называется “внутренней капсулой”. Непосредственно над тремя серыми массами внутренняя капсула расходится в виде фонтана волокон, которые идут ко всем частям кортекса. К этим расходящимся волокнам примешивается огромное количество других, присущих полушариям, которые проходят тангенциально. Некоторые, пересекающие срединную плоскость, например мозолистое тело, связывают два полушария вместе. Другие образуют маршруты, по которым можно проследить от одного конца или полюса полушария к другому. Группы волокон, опускающиеся лишь немного ниже коры головного мозга, объединяют почти соседние пятна или соседние извилины.

Складчатость коры головного мозга под трещинами обусловлена необходимостью удаления определенного объема серого вещества без увеличения его толщины сверх надлежащего предела. Поскольку площадь поверхности сферы изменяется как квадрат ее радиуса, тогда как ее вместимость изменяется как куб, можно поддерживать фиксированное соотношение между объемом коры и количеством белого вещества в мозге только за счет увеличения глубины складок по мере увеличения размера мозга. Образование трещин является реакцией на механическую потребность. Однако это не означает, что линии, по которым они проходят, лишены морфологического значения. Сходство в строении извилин и щелей у различных животных и закономерный прогресс их развития у каждой особи доказывают обратное. Если они не вызывают абсолютного доверия как границы областей отдельного функционирования — а потребуются дополнительные доказательства, прежде чем можно будет вынести решение по этому спорному вопросу, — то в основном они удовлетворительны как ориентиры.

По мере роста нервной системы аксоны ее нейронов обрастают жировыми (миелиновыми) оболочками в том порядке, в котором они вступают в функциональную активность. Прохождение через них импульсов является стимулом, который приводит к отложению жира.

Изучение прогресса миелинизации позволило анатому Флехсигу установить положение в мозге волокон, связанных с несколькими органами чувств, и, следовательно, движение областей коры, к которым они идут. В мясистом желтовато-розовом веществе внутренней части мозга последовательно появляются блестящие белые прожилки. Во время рождения все волокна, которые входят в полушария головного мозга или выходят из них, покрываются миелиновой оболочкой. В головном мозге ребенка органы чувств устанавливают все свои связи с корой. В нервах глаза, уха или других органов чувств не появятся новые волокна, и их конечные станции в коре головного мозга не будут увеличиваться в дальнейшем. (Использование выражения “конечные станции” является законным в той мере, в какой это касается ощущений; несмотря на то, что все сенсорные импульсы ретранслируются нейронами в спинномозговой оси.) Но кора головного мозга еще очень далека от завершения своего роста. Он содержит большое количество эмбриональной ткани, которая постепенно распространяется наружу из развитых областей в окружающие незанятые зоны. Освоение новой территории и, как следствие, увеличение размеров мозга продолжается и во взрослой жизни. Изучение прогрессирующей миелинизации позволило Флехсигу разделить кору головного мозга на “сенсорные центры” и промежуточные “ассоциативные зоны”; хотя, несомненно, разница в функциях между участками, непосредственно воспринимающими ощущения, и участками, в которых вырабатываются продукты ощущений, зависит от степени, а не от вида.

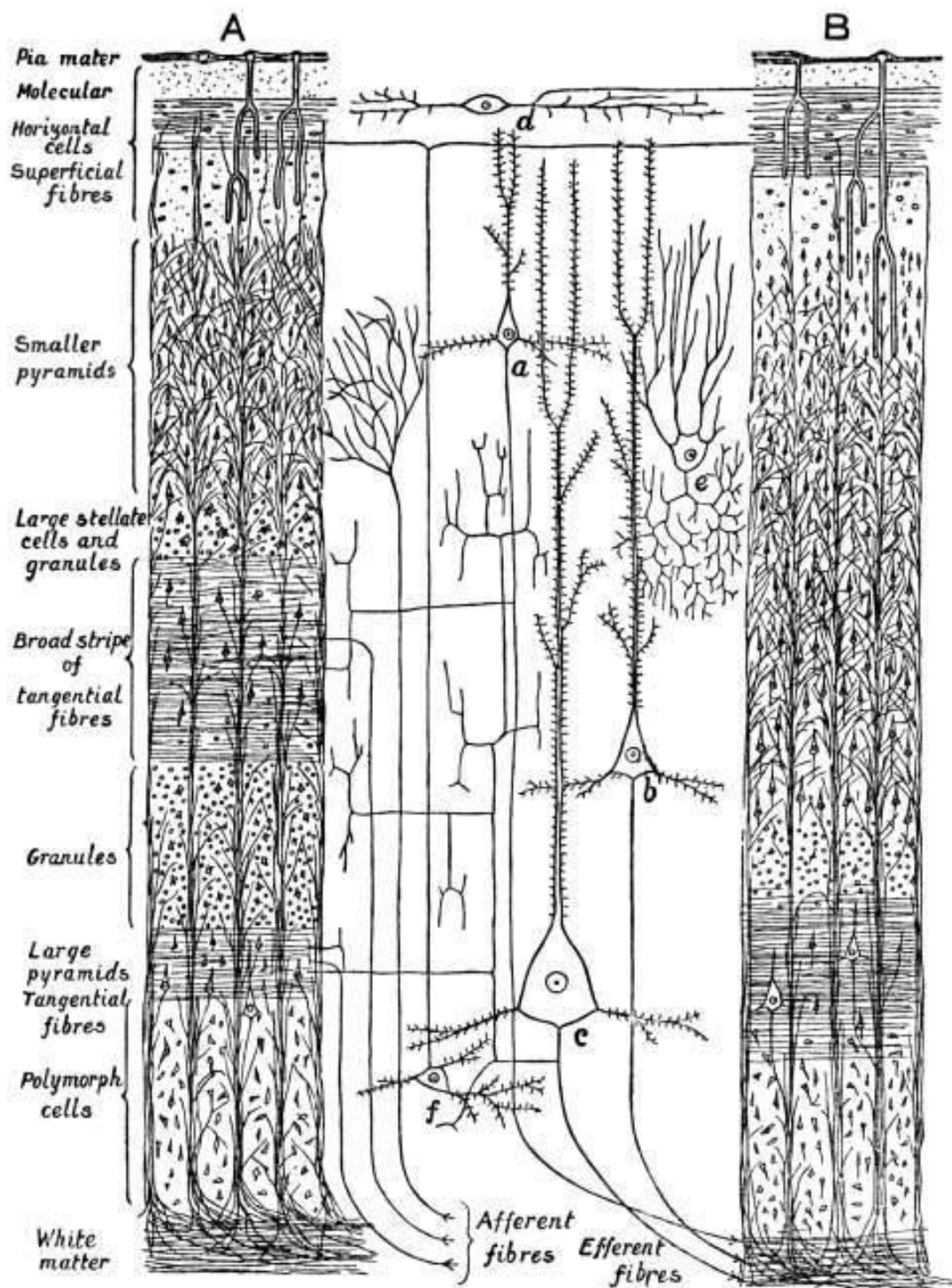


Рис. 24. Вертикальные срезы коры головного мозга — А, зрительной сенсорной области; Б, области зрительных ассоциаций.

Между двумя разделами показаны основные типы ячеек на уровнях, на которых они встречаются по отдельности: *a*, малая пирамида; *b*, пирамида среднего размера; *c*, большая пирамида. Размер пирамиды указывает на расстояние, на которое простирается ее аксон перед разветвлением; чем длиннее его траектория, тем, по-видимому, более распространено его конечное древовидение. Аксон *c*, одной из очень больших пирамид, обнаруженных в этой



ассоциативной области, проходит в переднюю часть головного мозга, где он распадается в ассоциативной области осязания руки или ощущений, связанных с регуляцией походки, или в центре движений глазного яблока. *d*, касательная ячейка поверхности; *e*, клетка Гольджи с разветвленным аксоном; *f*, полиморфная клетка, аксон которой направлен к поверхности. В сенсорных зонах больше тангенциальных волокон и гранул; в ассоциативных зонах - пирамидки малого и среднего размера.

Структура коры головного мозга не совсем одинакова в сенсорной и ассоциативной областях; но она повсюду настолько далека от схематической простоты, которая характеризует кору мозжечка, что затрудняет обобщение модификаций, отличающих различные ее области. В значительной степени его элементы перетекают один в другой, отличаясь скорее размером и ориентацией, чем формой. Обычно его описывают как разделенный на пять слоев: (1) Тонкий поверхностный слой, содержащий клетки различных форм и волокна, происходящие из клеток более глубоких слоев. Некоторые из клеток плюриполярные, с несколькими аксонами, идущими параллельно поверхности. Их назначение неизвестно. Они, по-видимому, не образуют корзинок, подобных клеткам молекулярного слоя мозжечка. Дендриты пирамидальных клеток простираются в этот слой. (2) Слой маленьких пирамид; клетки с ветвящимся апикальным отростком, корнеподобными дендритами от базальных углов пирамиды и аксоном, который погружается в белое вещество. (3) Гранулы. Карминовые или другие ядерные окраски показывают, что мелкие клетки присутствуют в очень большом количестве, особенно в сенсорных областях; но поскольку они, в отличие от гранул мозжечка, не окрашены хромово-серебряным методом, их форма и расположение аксонов неизвестны. (4) Большие пирамиды в точности похожи по форме на маленькие. Их верхушечные отростки очень колючие. Их аксоны отходят от нескольких коллатералей. Пирамиды - наиболее заметные элементы в коре головного мозга. Собственно говоря, они встречаются не слоями, а рассеяны по всей его толщине, хотя их клеточные тела не видны ни в самых поверхностных, ни в самых глубоких слоях. Самыми крупными являются те, аксоны которых либо спускаются в спинной мозг, либо проходят в очень отдаленную область коры. Они встречаются поодиночке или небольшими скоплениями на более глубоких уровнях. (5) Полиморфные клетки, некоторые из них пирамидально лежат на боку или даже направляют свои аксоны к поверхности; некоторые клетки веретенообразной или неправильной формы; некоторые клетки Гольджи (стр. 340). Аксоны пирамид входят в белое вещество, и многие волокна из белого вещества расходятся к поверхности между пирамидами; но способ, которым афферентные, сенсорные волокна связаны с собирающими отростками, дендритами пирамид, неизвестен. Мы уже упоминали о шипах и возможной нервной сети (стр. 301). Слои тангенциальных волокон также встречаются в коре головного мозга. Особенно четкий слой разделяет гранулы зрительной коры на два слоя. На участках этой области слой волокон выглядит как белая линия, отчетливо видимая без линзы.

Границы нескольких областей могут быть определены путем изучения структуры коры; но индивидуальные особенности различных областей не настолько выражены, чтобы указывать на то, что они выполняют разные виды работы; если под видами работы мы хотим подразумевать, что одна часть является "сенсорной", другая - "моторной", третья связана с "интеллектуальными процессами". Напротив, его относительная однородность безошибочно показывает, что все части задействованы в одной и той же работе. Тем не менее, можно сделать определенные общие выводы относительно формы нейронов, непосредственно связанных с ощущением, с движением — то есть с отправкой в серое вещество спинномозговой оси импульсов, которые вызывают активность ее нейронов, - и со вторичными процессами,

называемыми в совокупности “ассоциациями”, которые происходят в коре головного мозга. Гранулы, как и везде в нервной системе, являются приемниками и распределителями сенсорных импульсов; хотя изучение коры головного мозга не подтверждает вывод о том, что они являются необходимыми звеньями в ее сенсомоторных дугах. Большие пирамиды заняты питанием волокон, которые проходят долгий путь по системе. Следовательно, они являются “двигательными”. Они представляют собой заметную особенность области, восприимчивой к стимуляции. Они возникают также в области зрения и в других местах. Маленькие пирамидки являются ассоциативными; иными словами, их аксоны не покидают полушария головного мозга. Они распределяют импульсы от сенсорных областей к ассоциативным зонам и от одной части ассоциативной зоны к другой. Слой полиморфных клеток относительно толще у животных, у которых кора головного мозга осуществляет меньший контроль над действиями, чем у животных, у которых кора головного мозга преобладает — у кролика толще, чем у обезьяны; у обезьяны толще, чем у Человека. Поэтому говорят, что этот слой связан с низшими функциями коры головного мозга, что бы ни означало это выражение. Поскольку относительное обилие маленьких пирамидок является показателем превосходства коры головного мозга, мы можем говорить о них неопределенно, поскольку они связаны с ее высшими функциями. Но более надежным критерием способности кортекса перерабатывать мыслительный материал, доставляемый ему сенсорными нервами, является относительное обилие ткани, которая находится между его клетками. Количество клеточных телец, которое необходимо подсчитать в квадратном миллиметре сечения заданной толщины, у человека меньше, чем у обезьяны, у обезьяны — чем у собаки, а у собаки — чем у кролика.

Сравнение мозга различных млекопитающих, у которых определенные органы чувств либо недостаточны, либо исключительно хорошо развиты, дает самое ясное доказательство локализации сенсорных областей. Это, если бы было возможно провести удовлетворительные измерения, было бы, безусловно, лучшим доказательством той роли, которую играют несколько чувств в психической жизни животного. К сожалению, об измерении, по-видимому, не может быть и речи; но взгляд на мозг кролика, помещенный рядом с мозгом крота, показывает, что зрение локализовано в затылочной области. Все морские млекопитающие лишены обоняния; мозг собаки, по сравнению с мозгом морской свиньи или кита, показывает, что клиновидная область (*ср. рис. 25*) ассоциируется с этим смыслом. В мозге выдры очень четко видна область, в которую направляются импульсы, возникающие в нервных окончаниях чувствительных щетинок на щеке.

“Nihil est in intellectu quod non prius in sensu fuerit.” Органом интеллекта является кора большого мозга, слой серого вещества, который развился в связи с различными органами чувств. Полушарие головного мозга младенца является просто продолжением нервной ткани, связанной с его органами чувств. Таким оно остается у микроцефального идиота. У низших животных его способность к росту после рождения очень мала. Но у нормального ребенка поступление впечатлений через органы чувств, приобретенный опыт относительно самого себя и своего окружения, образование, случайное или направленное, вызывает расширение нервной ткани из сенсорных областей в расширяющиеся промежуточные зоны.

Все еще существует некоторая неопределенность относительно природы ощущений, получаемых в возбудимой области. Их можно назвать “кинестетическими” (ощущения, связанные с движением) без более точного определения. Некоторые физиологи считают, что тактильные ощущения, а также неясные ощущения, возникающие в нервных окончаниях в

мышцах, вокруг сухожилий или на поверхностях суставов, распределяются по областям, которые при стимуляции представляют пальцы, кисть, предплечье и другие части тела. Другие искали, хотя и с сомнительным успехом, тактильную область, независимую от кинестетических центров. Когда эти центры были впервые обнаружены, их назвали “двигательными”, и до сих пор этот термин может быть сохранен при том понимании, что он не подразумевает, что обмены, происходящие в кинестетических центрах, имеют природу, отличную от тех, которые происходят в других местах. Область, которую они занимают, стала моторной областью коры головного мозга, потому что произвольное движение возможно только под руководством ощущений движения. Звук или изображение на сетчатке может побудить к движению; но часть височной области или затылочной области, в которой происходит обмен звук-движение или обмен взгляд-движение, должна действовать через двигательную область, открывая дуги кинестетических движений. Разрушение части кинестетической коры вызывает у Человека и высших обезьян постоянный паралич движений, управляемых поврежденным участком. У низших животных определение двигательных центров расплывчато, и их удаление дает лишь временные результаты. Их господство над мышцами менее полное, чем у высших обезьян и Человека.

Практически ничего не известно относительно локализации функций в ассоциативных зонах, за исключением локализации центров для слов; но это исключение настолько примечательно, что наводит на мысль, что если бы существовали какие-либо другие способности, нарушение которых вызывало дефекты, столь же отчетливые, как те, которые характеризуют нарушения речи, было бы обнаружено, что ассоциативные зоны состоят из определенных центров. Поскольку данные имеются в отношении самых широких континентальных подразделений, мы можем просто констатировать, что они указывают, хотя и не очень четко, на связь фронтальной зоны, области перед кинестетической областью, с представлениями о личности, других зон - с представлениями об окружающей среде. Травма лобной области в некоторых случаях приводила к тому, что жертва теряла представление о себе, о своем имени и о своих отношениях со своей семьей. С другой стороны, огнестрельные ранения и другие определенные травмы в большом количестве случаев разрушают участки коры головного мозга позади лба, не вызывая каких-либо заметных интеллектуальных изменений. Совершенно очевидно, что эта часть мозга не выполняет функций иного или, как ее часто называют, более высокого порядка, чем функции других ассоциативных зон. Было заявлено, что заболевание зоны, которая находится между зрительной и слуховой областями, с большей вероятностью вызывает галлюцинации, заболевание лобной зоны - бред. В одном случае пациенту кажется, что он видит вещи, которых на самом деле нет, или слышит голоса, когда никто не говорит; в другом случае он воображает себя королем; но доказательств, связывающих локализованное заболевание с психическим расстройством, очень мало. Функциональное нарушение, вызывающее невменяемость, обычно носит общий характер; или, если оно вначале локальное, оно становится общим до того, как смерть пациента делает возможным исследование его мозга.

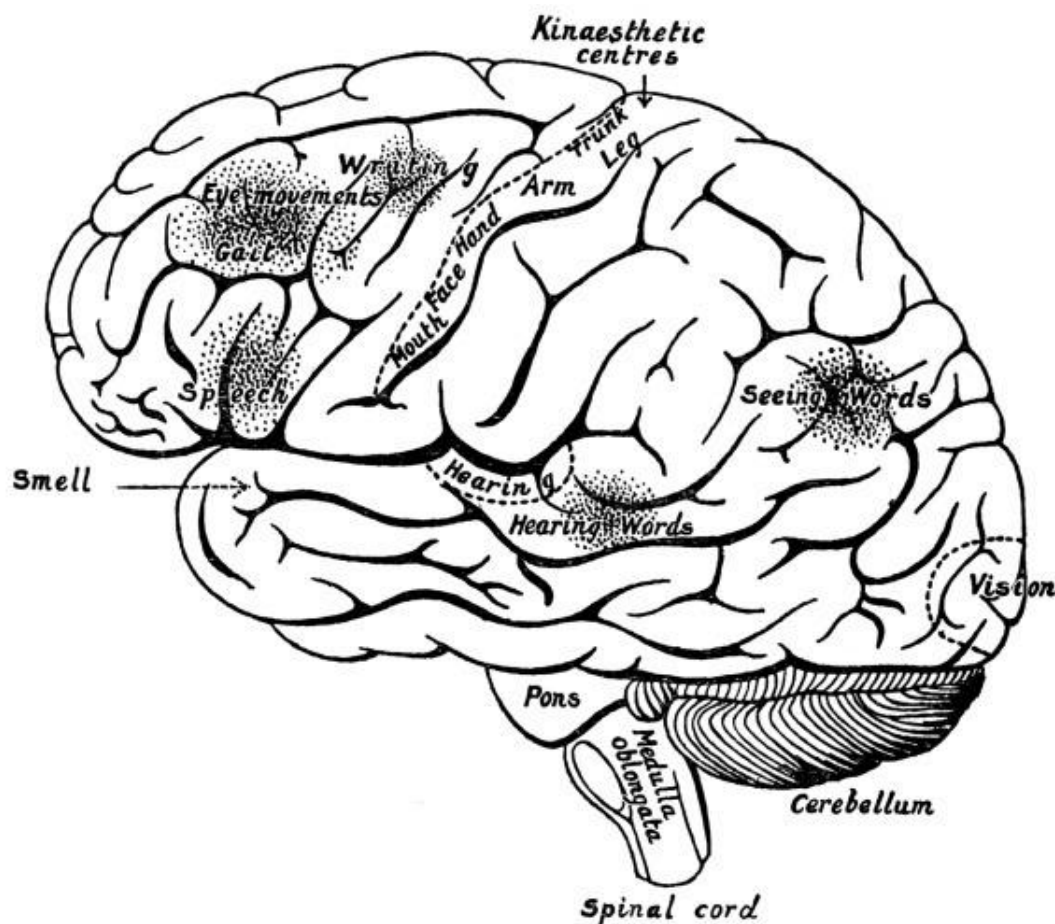


Рис. 25. Поверхность Левого полушария головного мозга, мозжечка и продолговатого мозга.

Сенсорные области обозначены прерывистыми линиями; определенные центры в ассоциативных зонах отмечены точками. Сенсорная область обоняния находится на внутренней стороне мозга; так же как и область зрения, которая граничит с калькариновой и ретрокалькариновой трещинами и лишь в редких случаях выходит на внешнюю поверхность, как показано на диаграмме. Сенсорная область слуха в значительной степени скрыта в сильвиевой ямке, отверстие в которую обозначено темной линией над ней. Кинестетико-сенсорные области для различных мышц тела занимают территорию между пунктирной линией спереди и дном борозды Роландо сзади. Они не распространяются на заднюю стенку этой трещины. В настоящее время невозможно определить границы какого-либо из центров в ассоциативных зонах.

Нарушения **речи** бросают поток света на организацию и манеру работы ассоциативных зон; и из-за случайного продолжения линии сонной артерии средней мозговой артерией, которая снабжает речевой центр, нет другого места в коре, которое с такой вероятностью могло бы выйти из строя. Небольшое количество плазмы сворачивается на одном из сердечных клапанов или около атероматозного пятна в аорте. Отделенный кровотоком, он попадает в одну из ветвей средней мозговой артерии, которую закупоривает, вызывая апоплексический удар. Больше или меньшее количество мышц на противоположной стороне тела парализовано. Если закупорка происходит в левой части мозга, это сопровождается афазией; но только если это происходит с левой стороны, из-за того факта — возможно, самого примечательного в связи с

локализацией речи, - что только с левой стороны кора головного мозга обучена произносить слова. Со временем к пациенту может вернуться способность говорить, но не раньше, чем он с почти таким же трудом, как в детстве, научит правую сторону выполнять работу. Существует четыре речевых центра, совершенно отличных один от другого. Рядом с визуальной областью находится центр восприятия слов, или, скорее, центр восприятия значения слов. Если этот центр поражен, написанное слово представляет собой просто кривую линию. За слуховой областью находится центр распознавания значения услышанных слов. Если в это вмешаться, то самые ласковые или повелительные фразы производят на слушателя не большее впечатление, чем птичье пение. В передней части кисти — ее локализация менее определена, чем у трех других — находится центр письма. В нем слышимые или видимые слова ассоциируются с движениями, необходимыми для составления букв. В центре, о котором говорится первым, как о том, который чаще всего выходит из строя, который находится перед областью рта и горла, услышанные или увиденные слова преобразуются в движения частей, придающих им звучание. Никакие другие действия не иллюстрируют так ясно "закон нервной привычки". В мозгу младенца звуки слов отличаются от других звуков. Они ассоциируются с объектами, которые они называют. Движения рта и горла, производимые поначалу неэффективно, по ошибке, через некоторое время приводят к тому, что ребенок получает то, название чего он произносит, к удовлетворению ребенка. Таким образом, в его уме постепенно устанавливаются два центра. В одном из них звуки и представления о вещах ассоциируются; в другом - слова и представления о движениях, необходимых для их произношения. Любой из четырех речевых центров может быть выведен из строя без ущерба для остальных. Человек может быть способен писать, не будучи в состоянии прочитать то, что он написал. Он может читать вслух, хотя, по-видимому, глух к речи. Он может быть неспособен писать или говорить, хотя и понимает то, что читает или слышит. Частичная афазия еще больше иллюстрирует закон нейронной привычки. Способность запоминать существительные, особенно имена собственные, легче всего утрачивается. Мало найдется людей, которые с возрастом не страдают от этого недостатка. Даже самые знакомые имена ускользают из памяти. С одной точки зрения, это странно. Существительные-субстантивные - это слова, которые выучиваются первыми. Из всех слов они имеют наиболее определенную объективную ассоциацию. Но именно их определенность делает их труднодоступными, когда аппарат ума работает плохо. Существует так мало путей, которыми к ним можно прийти. Их ментальные ассоциации ограничены. Пациент, выздоравливающий после поражения, которое привело к частичной афазии, может быть в состоянии вспомнить прилагательные, когда он не может вспомнить существительные. Он может сказать: "Дай мне черный", когда ему нужны чернила, и "Дай мне белый", когда ему нужна бумага. Или он может сохранить контроль над глаголами. "Где ... то, что я надеваю ... с чем я думаю?" — может быть условным обозначением шляпы.

Психологи объясняют произвольное выполнение движения как установочное протекание сенсомоторного тока. Все согласны с тем, что невозможно думать об импульсах, вызывающих движение, как о происходящих без сенсорных предпосылок. Следовательно, психологи представляют нервный ток как возникающий на сенсорной стороне. Кинестетические образы ощущений, которые возникнут в результате движения, описываются как вызываемые в сознании возбуждением части мозга, которая по ассоциации связана с нейронами, посылающими импульсы в соответствующие участки серого вещества спинного мозга. Идея движения перетекает в мышцы. Но эта концепция отношения разума к телу предполагает слишком многое. Она постулирует существующий разум, в котором хранятся образы

движений—ощущений - воспоминания, то есть об ощущениях, которые ранее сопровождали движение. Изучение аппарата разума не подтверждает это предположение о существовании разума. Оно не находит в нервной системе ничего, кроме аппарата. Во время сна в мозге не существует разума. По-видимому, было бы достаточно описать возникновение произвольного движения как открытие каналов, которые передают афферентные импульсы, непрерывно поступающие в серое вещество из нервных окончаний в мышцах и вокруг них, в эфферентные каналы. Наше представление о количестве ощущений, достигающих сферы сознания, смехотворно ограничено нашей неспособностью обращать внимание более чем на одно ощущение одновременно — ограничение, нет необходимости отмечать, которое необходимо в интересах последовательности поведения. Две личности, обращающие внимание на разные последовательности ощущений, отдавали бы несовместимые приказы. Один приказал бы мышцам заставить тело откинуться назад; другой приказал бы им заставить его встать. От мириад органов чувств импульсы непрерывно проходят рябью через кору головного мозга. Термин “импульс” слишком обременителен из-за его ассоциации с идеей токов, которые достаточно сильны, чтобы оказаться эффективными без вмешательства сознания; но ничего другого не доступно. Они звонят в колокол сознания, как бы мало внимания ни привлекал их призыв. Внимание не может быть направлено на две вещи одновременно. Оно движется, так сказать, по последовательности точек. На некоторых это держится дольше, чем на других. Они производят впечатление, которое можно запомнить; остальные проходят мимо так быстро, что о них не вспоминают, как будто их никогда и не воспринимали. Они сливаются, как череда движущихся огней, создавая фон для сознания. Не признавая их разделенности, мы интерпретируем их как слитые. Как представляется автору, было использовано много вводящих в заблуждение метафор для объяснения воздействия на ум впечатлений, которые лишь слабо требуют внимания. О них говорят как о “маргинальных” восприятиях по аналогии с неэффективностью импульсов, генерируемых на периферии сетчатки, по сравнению с теми, которые дают начало прямому зрению. Пробуждается “подсознательное” или даже “бессознательное” “я”. “Я” не может быть менее сознательным. “Я” - это переход внимания от ощущения к ощущению. Его отношение к не-я временное, а не пространственное.

Каждое ощущение, которое вызывается в сознание, хотя и занимает внимание на возможно более короткое время, имеет тенденцию вызывать движение — действительно, по самой своей природе это импульс, проходящий по сенсомоторной дуге. Схема для произвольного выполнения движения представлена в виде прохождения по дугам кинестетических движений. Это может быть необходимо для волевых действий, но не является существенным для рефлекторных действий. Спинномозговая лягушка удаляет раздражитель со своей спины задней лапкой после того, как были перерезаны корешки всех афферентных нервов задней лапки. В этом случае рефлекс прямой, от поврежденной кожи к мышцам ноги. Это не двойные мышечные ощущения от ноги, передаваемые в эфферентные нервы мышц ноги посредством кожных ощущений, возникающих одновременно в части, предшествующей сегментам, в которых были вырезаны корни.

Единица ощущения, на которую можно направить внимание, еще не определена. Похожие ощущения — то есть ощущения, которые соотносятся в опыте, — кажется, сливаются в сознании. Последовательность похожих ощущений привлекает внимание. Непохожие ощущения мешают одно другому. Кажущееся слияние не является составным нервным эффектом, который сознание рассматривает как единое целое. Даже идентичные изображения, одновременно формирующиеся на двух сетчатках, не производят наложенного эффекта на

определенный участок мозга. Разные участки мозга получают два отдельных изображения, которые разум рассматривает как одно. Это вызывает сомнение относительно того, являются ли восприятия, собственно говоря, слитными. Это предполагает, что это отдельные точки, на которых внимание останавливается в быстрой последовательности; но такая гипотеза не исключает концепции создания сложного ощущения импульсами, поступающими одновременно от одного и того же органа чувств -*например*,, объединенного нейронного эффекта в результате нескольких музыкальных тонов.

Каждое нервное возбуждение, привлекающее внимание, оказывает влияние на рост нервных волокон, в которых оно происходит. **Памяти** не существует. Это повторный массаж одних и тех же нитей. Не существует такой *вещи*, как память. Это нервный аппарат, который аналогичным образом реагирует на подобное возбуждение. Трудно говорить об ассоциациях и нервных привычках, явлениях, на которых основана не только вся ментальная жизнь, но и вся скоординированная деятельность, не используя таких выражений, как “расширение пути” или “утолщение проводника” за счет импульсов, которые проходят через него. Очевидно, что на этих аналогиях можно с уверенностью зайти слишком далеко. Хаотичная реакция на стимуляцию неизвестна. Благодаря нервной системе действие проявляет упорядоченное отношение к стимуляции. Это отношение определяется образованием, придающим этому термину достаточно широкий оттенок, чтобы охватить весь опыт. Нервная ткань приспосабливается к опыту; и поскольку нервная материя, которая принимает паттерн, не лабильна, процесс организации последователен, а результат постоянен. Один паттерн не разрушается по мере того, как создается другой. Следовательно, формируются временные ассоциации. То, что было обдумано однажды, будет обдумано снова, если обстоятельства, при которых это было обдумано, повторятся. То, что было сделано однажды, будет сделано снова под влиянием аналогичной последовательности стимулов. Проводники расширяются каждый раз, когда они используются. Но в том, что касается разума, вступает в игру обратное влияние. Чем шире проводник, тем меньше привлекающих внимания импульсов, которые проходят через него. Это похоже на то, как если бы токи, которым приходится преодолевать сопротивление на узком пути, приобретали более высокий потенциал, чем те, которые находят открытую дорогу. И поскольку прокладывание дороги зависит от внимания, предел расширения достигается, когда волевой акт становится привычкой. При первом воспроизведении музыкального произведения сознание становится бдительным. Отметки на странице и движения пальцев ощущаются интенсивно. С каждым повторением потребность во внимании ослабевает.

Умелое движение невозможно при отсутствии направляющих ощущений. Я решаю застегнуть пальто. Пути восприятия от мышц предплечья открываются в двигательные пути, отходящие от больших пирамид в центрах рук кинестетической коры. Но недостаточно начать действие: им должны руководить ощущения, которые вызывает движение. Если мои пальцы онемели от холода, я не могу застегнуть пальто. Мышцы, которые двигают пальцами, достаточно теплые под рукавом, но мои попытки заставить их двигаться так же тщетны, как если бы мышцы принадлежали другому человеку. Воля не властна над мышцами. Важно, чтобы ощущения, сопровождающие процесс застегивания пальто, протекали по тем же путям, что и до сих пор в коре головного мозга. Протекая по одним и тем же путям, они производят один и тот же эффект в сознании, одни и те же восприятия. Говоря обычным языком, человек не может совершить какое-либо действие, если не может вспомнить, каково было выполнять его в предыдущем случае. Описать произвольное действие застегивания пуговицы, начинающееся в коже

пальцев, почти так же логично с точки зрения физиологии, как описать, что оно начинается в мозге. Этот акт обусловлен направлением внимания на импульсы, которые передаются от мышцы к мышце и от кожи к мышце.

Все навыки использования мышц приобретаются методом проб и ошибок. Знакомые движения пробуются, комбинируются, модифицируются с целью получения нового результата. Человек, привыкший наносить удары правой рукой вперед, пытается замахнуться клюшкой для гольфа левой рукой назад. Долгое время результат был каким угодно, только не успехом. Наконец головка клюшки принимает правильный изгиб. Она не только бьет по мячу центром, но и переносит его по правильной линии. Мяч пролетает около 120 ярдов по направлению к грину. В терминологии гольфа успешная езда - это всегда "ужасная случайность"; но раз уж эта случайность достигнута, для игрока в гольф нет ничего проще, чем вести машину одинаково хорошо во всех последующих случаях. Ему нужно просто точно вспомнить, каково это - идеально взмахнуть клюшкой, и исключить все другие ощущения, пока он передает эти воспоминания по своим сенсомоторным дугам!

Тот факт, что мы можем намеренно улучшить действие, приспособив его к достижению объекта желания, подавляя неправильные и подчеркивая правильные ощущения, показывает, насколько большую роль сознание играет в работе нервной системы. Это подводит нас к границе физиологии. На этой границе авторитет физиолога заканчивается. Он не может дать определение сознанию; он не может исследовать его. И все же он, естественно, задается вопросом, является ли машина, которую он исследует, машиной и ничем больше. Когда впервые были признаны возможности рефлекторных действий, мысль имела тенденцию вытеснять чувства и волю в пользу автоматизма. Если действия спинномозговой лягушки проявляют столь отчетливый целенаправленный характер, то почему, спрашивалось, мы должны предполагать, что лягушка с мозгом представляет собой нечто большее, чем рефлекторный механизм? Свет, тепло, звук воздействуют на ее органы чувств; несомненно, этих раздражителей достаточно, чтобы запустить все сенсомоторные токи, которые приводят к различным движениям, которые в своей совокупности составляют поведение лягушки! И зачем наделять млекопитающее полномочиями по самоуправлению, в которых мы отказываем лягушке? Возросшая сложность его поведения более чем объясняется большим разнообразием его нервных дуг. Утверждалось, что все животные, включая Человека, являются рефлекторными машинами. Их мысли и действия являются результатом воздействия на их нервную систему сил внешнего мира. Каждый наследует нервную систему определенного типа. Его индивидуальное развитие обусловлено ощущениями, которые проходят через него. На ощущения влияет окружающая среда. Следовательно, индивид - марионетка, его действия - танец обстоятельств. Сознание - это "эпифеномен". Немногие физиологи или исследователи поведения животных придерживаются такого материального взгляда на жизнь в наши дни. Тот факт, что это неизбежно приводит к выводу, что сознание является "эпифеноменом" (термин Хаксли), является его *доведением до абсурда*. То, что животное должно быть наделено способностью чувствовать боль и удовольствие, если такой дар для него бесполезен, не согласуется с законами Природы. Это может быть полезно, только направляя деятельность на достижение удовольствия и избегание боли. При таком допущении механическая теория терпит крах. Есть "Оно", которое чувствует, выбирает чувства, выбирает те, которые имеют приятный оттенок, желает совершать действия, посредством которых они достигаются. Отсюда следует, что ценность сознания заключается в предоставляемой им прерогативе приспособлять действия в определенных пределах к обстоятельствам. Животное преуспевает в жизни в той мере, в какой



унаследованная им нервная система удовлетворительно реагирует на окружающую среду. Цыпленок, который после вылупления в инкубаторе был изолирован на двенадцать часов без пищи, хватается кукурузное зернышко в тот момент, когда видит его. Его мозг содержит готовые сенсомоторные дуги, соединяющие участок в коре головного мозга, в котором воспринимается визуальное впечатление от зерна, и двигательные нейроны, управляющие клюющими мышцами. Овчарка быстро превращается в овцу, потому что ее предки были отобраны человечеством из числа собак, которые легко приспособились к этой работе. Заводчик выбирает рисунок мозга с таким же успехом, с каким, когда единственным желательным фактором является внешний вид, он выбирает рисунок шерсти. Бобры принялись за строительство плотины в единственном месте в долине, где возможно создать искусственное озеро, потому что на протяжении бесчисленных веков природа исключала животных, которые строили свои плотины в неподходящих местах. Человек также наследует структуру мозга; но, поскольку от него не требуется меняться самому вскоре после рождения, он проходит длительный период младенчества и опеки, в течение которого силой обстоятельств и его собственной Воли вырабатывается структура. Его высочайший успех обусловлен способностью приспособливать средства к целям. Он наследует очень мало инстинктов. За исключением органических функций, его спинной мозг почти во всех отношениях подчинен головному мозгу. Большинство действий животного инстинктивны — слово, которое, к сожалению, неправильно употребляется. Его коннотация скорее негативная, чем положительная. Из-за выраженного строения своего мозга животному трудно избежать определенных действий. По мере того как ночи становятся длиннее, а время кормления сокращается, инстинкт побуждает ласточку лететь на юг. Он точно так же использует свои ощущения во время миграции и так же полностью зависит от них в своем руководстве, как и человек. Чем ниже мы спускаемся по шкале, тем более неизбежными становятся движения животного; но не может быть сомнений в том, что сознание ценно для животного, как и для Человека, поскольку оно придает его индивидуальности способность, в тех пределах, которые выбрала природа, сопротивляться или изменять свои наследственные инстинкты, когда они не совсем соответствуют случаю.

Чувствительность подразумевает личность. “Никакая философская система не может вытеснить эго”. Разница между работой животного механизма в том виде, в каком его изучает физиолог, и его поведением, когда оно находится под контролем своего собственного водителя, заключается в разнице между рефлексным действием и выбором. Эго взаимодействует с физическими силами. В компетенцию физиолога не входит объяснять источник силы, которая вмешивается в силу. Он не находит никаких следов этого ни в кредите, ни в дебете при составлении счетов организма. Он не может войти, “Пункт”, в развитие сознания ... так много”. Он не может составить представления об этом нематериальном проявлении, которое парит над бесконечно многочисленными сенсомоторными обменами, которые всегда происходят в коре головного мозга, придавая определенной группе возбуждений, то здесь, то там, особое качество; но проявление необходимо для объяснения силы усиленных возбуждений, которая позволяет им овладевать нервными путями, по которым достигаются мышцы.

Психолог должен определить применение терминов “сознание”, “внимание”, “воля”. Он не может определить атрибуты эго, которые обозначаются этими терминами. Моралист должен показать, каким образом они определяют или должны определять поведение. И все же в рамках простой физиологии внимание, используя это слово в его повседневном значении, изменяет реакции нервной системы в такой степени, которая не может ускользнуть от наблюдения. Для любого, кто привык к госпитальной хирургии (хотя даже в этой области встречаются единичные

исключения), удивительно видеть серьезные операции, которые может выполнять ветеринарный врач, при этом животное не проявляет никаких признаков боли, при условии, что его опасения не были вызваны и его внимание не было направлено на то, что делается. Лошадь, стоящая перед яслями с овсом, отвязанная, едва ли будет помахивать хвостом, пока хирург делает большую рану в ее плоти и отпиливает костный нарост. Нож не подходит для работы с лошадью. У него нет предчувствий, и его кожа, чрезвычайно чувствительная к щемотке мухи или щелчку хлыста, относительно нечувствительна к порезу. Выдающийся хирург последнего поколения (писатель, будучи студентом, “одевался” для него в старости) имел привычку, позаботившись о том, чтобы его пациент не мог видеть, что он делает, выполнять операции очень болезненного характера, уверяя своего пациента: “Я просто провожу тщательный осмотр, чтобы быть совершенно уверенным в разрезах, которые мне придется сделать завтра в операционной, когда вы будете находиться под действием хлороформа”. Нас интересует не этичность его метода, а заверение: “Теперь все кончено; вы можете быть уверены”. Эта операция больше никогда не понадобится”, - спасла многих страдальцев от ночных опасений и жалкого “прихода в себя”.

Во время войны в Южной Африке было заявлено, что в Ледисмите податель важного послания, получивший пулю в ладонь, которая прошла по всей длине его предплечья, не обнаружил, что ранен, пока не увидел капающую кровь, после того как его поручение было успешно выполнено. Намеренно порезаться бритвой очень болезненно, однако при бритье утром, когда мысли сосредоточены на делах дня, часто вид крови привлекает внимание к тому факту, что кожа порезана. Из всех свидетельств самооценки сила внимания является наиболее примечательной. Мы можем направлять внимание на определенные ощущения, которые затем становятся восприятием, и можем намеренно игнорировать другие в определенных ограниченных пределах.

Контроль “я” над нервным аппаратом - это истина, которую ни один изучающий физиологию человека не может игнорировать. Изолированная от своей связи со всеми другими научными истинами, она была положена в основу невежества, которое, хотя положительно просто глупо, отрицательно вредно — все же это форма безумия, которая хорошо отвечает потребностям людей определенной категории.

Могут возразить, что представленная здесь картина отношения разума к мозгу - первое - активность, движение, другое - лабиринт проводящих путей — делает все ментальные явления полностью зависимыми от текущих ощущений. Никаких результатов не могло бы быть, если бы не было ощущений. Это не дает оснований для объяснения **ментальных образов, галлюцинаций, снов**. Можно выделить несколько строк, чтобы показать, что это возражение несостоятельно. Мы не можем пытаться объяснить сознательный контроль над мыслью. Это часть непроницаемой тайны, о которой мы только что говорили. Но, допустим, что это возможно, направление эго афферентных нервных токов по тем же самым нитям, которые ранее вибрировали в соответствии с ощущениями, вызывавшими картину, и, следовательно, возрождение ее образа, не более непостижимо, чем высвобождение афферентных импульсов из мышц в эфферентные каналы. Мозговые цепочки состоят из множества звеньев. Их взаимосвязь безгранична. Когда я вспоминаю внешний вид дома, в котором я жил ребенком, я бросаю в цепочку импульсы (откуда-то), которые проходят через конечные звенья, где прохождение подразумевает сознание. На краю кружева связанных нитей импульсы высвечивают узор, который детский опыт воплотил в мыслительный аппарат.

Если бы мы восхищались совершенством какого-либо особого аспекта функционирования мозга, редкость галлюцинаций могла бы дать нам повод для удивления. То, что импульсы так редко сходят с их собственных путей, более удивительно, чем то, что время от времени, когда мозг возбужден и нарушены условия его питания, импульсы, которые эго может направить в каналы, где они оживляют образ, иногда, и с гораздо большей силой, прокладывают свой собственный путь по проторенным дорожкам, освещая картину, которая вводит в заблуждение эго. Сновидения, напротив, ярко демонстрируют роль внимания в разумной жизни. Способность к бдительности обусловлена тем, что предпочтение отдается одному набору импульсов путем подавления других. Благоприятные импульсы удерживают дорогу. Концентрация внимания удерживает мысль в одном русле, сопротивляясь любому искушению свернуть на обходные пути. Состояние бодрствования - это состояние, в котором закрыты все нервные пути, за исключением тех, которыми пользуется сознание. Чем серьезнее закрытие, тем ярче сознание. Во сне открыты все пути. Ни в одном из них потенциал, приобретаемый импульсами в процессе преодоления сопротивления, не является достаточно высоким, чтобы пробудить сознание. Волна импульсов поднимается из желудка, вызванных неперевавшими кусочками лосося и огурца, или поднимается от руки, на которой лежал спящий, до тех пор, пока кровообращение в ней не будет остановлено. Они эхом разносятся по открытым коридорам мозга. Если они достаточно шумны, чтобы разбудить спящего, он, обнаруживая их на том или ином пути, предполагает, что они выполняют те же поручения, что и импульсы, которые обычно передаются таким образом. Если проанализировать сны, то обнаружится, что, хотя комбинации впечатлений могут быть необычными и чрезвычайно причудливыми, впечатления отбираются из наиболее знакомых. Образы, из которых состоит сновидение, которые, возможно, утратили все нормальные связи и приняли невозможные пропорции, - это те, которые ум вызывает в воображении чаще всего. В подавляющем большинстве случаев какое-то событие предыдущего дня может быть распознано как побудительная причина. Запомнившийся сон - это фотография, сделанная сознанием ощущений, которые побудили его к действию. Особенно, если из-за импульсов, вызванных внутренним дискомфортом, сон может иметь неприятный оттенок. Это может принимать различные формы, но наиболее часто вызываемой эмоцией является страх. Визуализируемые объекты могут иметь абсурдные размеры, или они могут быть недостаточно отчетливыми для неуловимых бесов; но чаще всего дистресс вызван отсутствием гармонии ощущений из-за отсутствия кинестетических элементов. Человек лежит на железнодорожных путях; поезд приближается со все возрастающей скоростью; он не может встать. Он за кафедрой, но не может говорить. Таким образом, сновидения подтверждают изложенный выше взгляд на причину волевого действия. Способность выполнять действие зависит от прохождения через кинестетические центры головного мозга импульсов, генерируемых в мышцах, с помощью которых должно быть или выполняется действие. Кинестетические ощущения ни при каких обстоятельствах не играют той же роли в психической жизни, что ощущения от кожи, глаз или ушей; когда тело пассивно лежит в постели, они не поступают в кору головного мозга. Фотография из сновидения показывает элементы, требующие движения, но не дает никаких доказательств того, что движение продолжается.

---

## ГЛАВА XII

### ЗАПАХ И ВКУС

У человека главная функция этих органов чувств - охранять входы в дыхательный и пищеварительный тракты. В этом они не слишком эффективны, поскольку различные ядовитые газы, соли и порошки ускользают от их внимания. Всего лишь набор веществ, которые содержатся в воздухе и пищевых продуктах, распознаются как обладающие запахом или привкусом. В обычной речи запах и вкус различаются лишь частично. Ни одно пахучее вещество не считается безвкусным при попадании в рот. Говорят, что его летучие компоненты, попадая в полости носа, придают ему определенный вкус. С другой стороны, известно, что вещества, которые стимулируют только язык, — горечи, кислоты, сладости и соли, не смешанные с летучими веществами, — не имеют запаха.

Как бы мы ни были пристрастны к ничтожной роли, отведенной обонянию в нашей ментальной жизни, оно кажется немного недостойным нынешних функций великого мозга, которые оно должно было развить совместно с носом. И все же обоняние и вкус - древнейшие из чувств. Их происхождение восходит ко временам хемотаксиса, когда организм, не имеющий специализированных органов чувств, привлекался к своему партнеру или пище и отталкивался от условий, неподходящих для его благополучия, частицами в растворе, действующими как химические стимуляторы. Амба хемиотаксически притягивается к своей пище, одна спора водоросли притягивается к другой частицами вещества, которые дрейфуют через промежуток между ними.

В жизни многих животных обоняние играет такую же важную роль, как и любое другое чувство. Достаточно понаблюдать за собакой, “высматривающей” своего хозяина, уже находящегося в поле зрения, своим носом, чтобы понять, что обоняние - это чувство, на которое собака в основном полагается. Мы описываем это как смотрение, потому что у нас самих глаз настолько превзошел другие чувства как канал передачи информации, что мы говорим о “смотреии”, когда подразумеваем поиск, и говорим, что “мы видим”, когда хотим подразумевать, что понимаем.

Разница между запахом и вкусом у рыб заключается в различии в качестве ощущения, а не в его “модальности” или виде; но у наземных животных обонятельная мембрана носа стала специализированной для распознавания взвешенных в воздухе частиц, а язык - веществ, растворенных в воде. Обонятельная мембрана, выстилающая две верхние из трех камер носа, покрыта удлинёнными клетками двух видов: (а) столбчатыми клетками, довольно толстыми; и (b) веретенообразными клетками, каждая из которых несет на своем свободном конце пучок чрезвычайно мелких волосков. Веретенообразные клетки представляют собой нейроэпителиальные клетки самого примитивного типа. До появления нервных клеток, собственно так называемых, определенные удачно расположенные эпителиальные клетки были соединены протоплазматическими мостиками с мышечными волокнами, к которым они доставляли импульсы, генерируемые в них внешними силами. Позже некоторые нейроэпителиальные клетки опустились под поверхность, где в качестве ганглиозных клеток они служили посредниками между группами сенсорных клеток на поверхности и нервной сетью, которая залегала более глубоко в тканях. Обонятельная мембрана увековечивает более раннюю стадию; постольку, поскольку она состоит из элементов, представляющих собой комбинации клеток органов чувств и нервных волокон. Каждая из его веретенообразных клеток

посылает внутрь нервную нить, которая, пересекая подслизистую ткань носа и кость (решетчатую пластинку) в основании черепа, между глазницами, входит в обонятельную луковицу. Обонятельная луковица является частью местного нервного механизма обоняния. Это ганглий обонятельного нерва *плюс* нервные элементы, которые во всех сегментах позади глаза были отведены из окрестностей органа чувств в центральную нервную систему (*ср. с. 333*).

Способ, которым пахучие частицы в воздухе стимулируют веретенообразные клетки, неизвестен. Количество, достаточное в качестве стимулятора, настолько мало, что о химической стимуляции не может быть и речи. Несколько крупинок мускуса будут благоухать в комнате годами. в литре воздуха можно распознать 0.00000004 миллиграмма меркаптана (сернистого спирта). Это разбавление до 1 к 50 000 000 000. Вероятно, даже такие цифры, как эти, были бы отброшены в тень, если бы мы могли оценить минимальное количество человеческих выделений, которое позволит собаке идти по следу своего хозяина. Объяснения искали в изменениях колебаний молекул воздуха, вызванных присутствием среди них относительно тяжелых молекул летучих веществ; но трудность объяснения генерации нервных импульсов в чувствительных клетках остается такой же большой, как и прежде. Волоски, которые несут обонятельные клетки, настолько короткие, что они не могут выступать за пределы пленки влаги на поверхности мембраны. Это, по-видимому, исключает ответную вибрацию. Однако увеличение толщины этого слоя и его плотности из-за присутствия в нем слизи, выделяемой во время простудных заболеваний, делает клетки органов чувств неспособными реагировать на пахучие частицы.

Обоняние животного - это не проверка качества воздуха, которым оно дышит, а источник информации о направлении, в котором оно может искать свою добычу; или, хотя и гораздо реже, о направлении, с которого следует опасаться наступления врага. Охотящиеся животные по большей части полагаются на нюх. Преследуемые животные полагаются главным образом на зрение.

Если мы попытаемся проанализировать наши обонятельные ощущения, то обнаружим, что можем выделить ряд разновидностей, которые кажутся настолько непохожими, что не имеют ничего общего: протухшее мясо, горелая резина, сероводород, аммиак, розы, лук, лимонная вербена, метилированный спирт. Каждый может составить для себя список типичных запахов, которые, по-видимому, обладают особыми качествами — запахами настолько отчетливыми, что он никогда не спутает один с другим. Он также может классифицировать ароматы, в отношении которых он часто не уверен. Тип -запахи, которые он может различать, когда они присутствуют в смеси; в то время как менее отчетливые запахи усиливают или модифицируют друг друга. Путем тщательного эксперимента было обнаружено, что определенные типы запахов даже имеют тенденцию нейтрализовывать друг друга. Мускус и горький миндаль, например, если они присутствуют в небольших количествах и в правильной пропорции, создают очень слабое ощущение, независимо от того, подается ли смесь в обе ноздри, или один стойкий запах в одну ноздрю, а другой в другую. Это последнее наблюдение имеет большое значение. Оно доказывает, что их взаимное разрушение не происходит на обонятельной мембране. Это не связано с физическим вмешательством. Ощущение мускуса передается в одну сторону мозга, ощущение горького миндаля - в другую; но когда внимание направлено на эти два ощущения, в одном обнаруживается качество, несовместимое с качеством другого.

У определенных людей и при определенных патологических состояниях чувствительность к определенным запахам или группам запахов отсутствует, в то время как у остальных ощущение нормальное. Метилированный спирт, синильная кислота и резеда составляют группу, которая нередко выпадает из употребления. Также сообщалось о случаях, когда люди не могли почувствовать запах ванили (к которому некоторые сверхчувствительны), а другие были нечувствительны к фиалкам, хотя обычно чувствительны к ароматам других цветов. Ноты, звучащие в сознании, охватывают большую гамму; но есть основания полагать, что количество клавиш на клавире, по которым ударяют ароматические вещества, ограничено. Одиннадцать - это число, принятое предварительно. Эффект в сознании меняется в зависимости от того, нажимается ли та или иная клавиша или несколько одновременно с разной степенью силы.

Было предпринято множество попыток связать сенсорные свойства различных запахов с химическими или физическими свойствами их оддушек, но пока безуспешных. Чтобы возбудить обоняние, газ должен быть хотя бы немного тяжелее воздуха. Утверждается, что ни одно летучее вещество не является настолько тяжелым, чтобы не иметь запаха; напротив, говоря в целом, тяжелые молекулы оказывают большее стимулирующее действие, чем легкие. Следовательно, качество обонятельного ощущения, по-видимому, зависит от периода вибрации молекул вещества, которое его вызывает; но, как уже говорилось, рассмотрение аппарата, который реагирует на раздражение пахучими частицами, не помогает нам понять, каким образом частицы воздействуют на него.

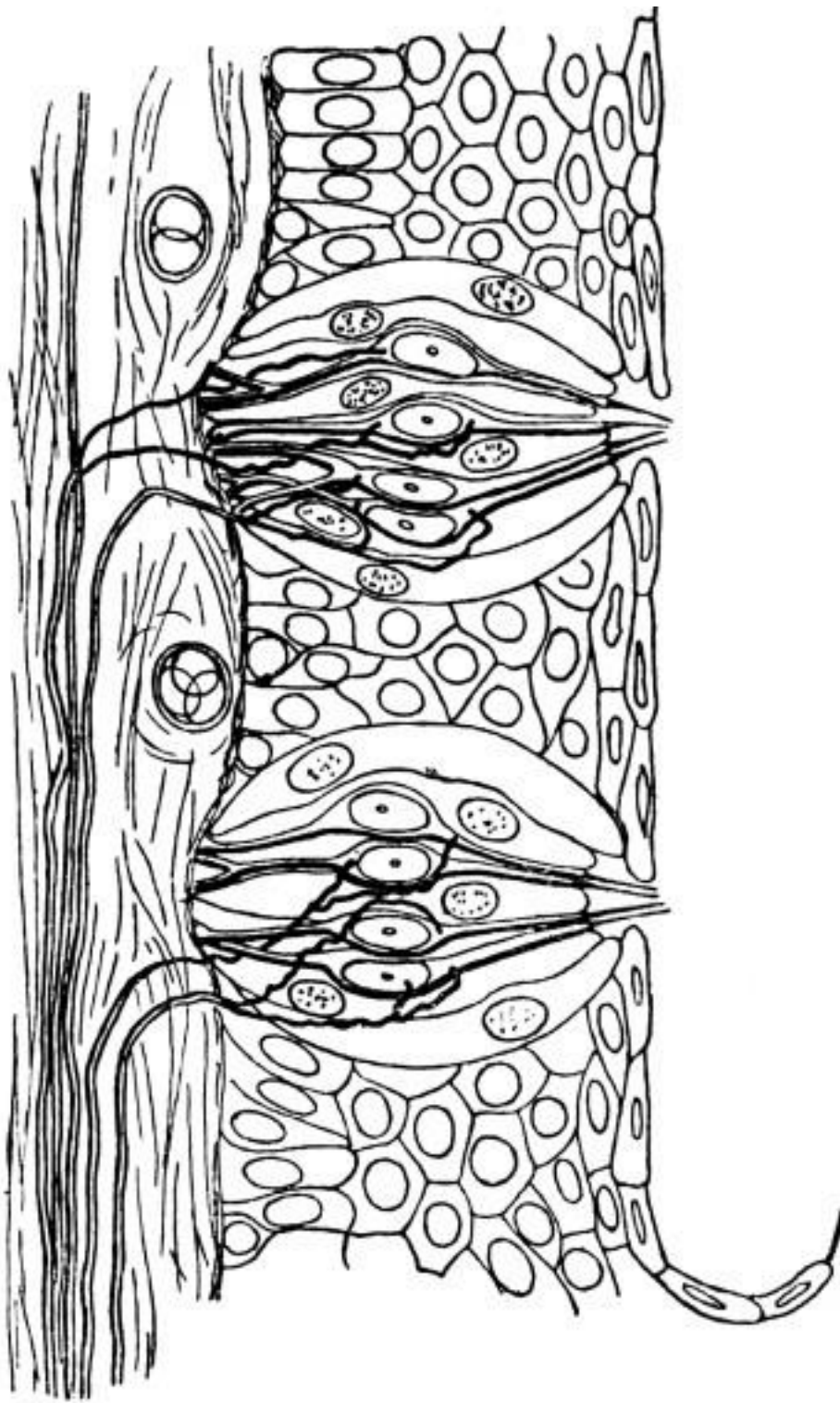


Рис. 26. Сильно увеличенный разрез стенки околососкового сосочка языка, на котором видны две вкусовые луковицы.

Эти органы чувств представляют собой группы удлинённых эпителиальных клеток, расположенных вертикально к поверхности. Их клетки бывают двух видов— одни веретенообразные, тонкие, каждая из которых имеет щетинообразный отросток, выступающий

через крошечную пору, оставшуюся между поверхностными клетками общего эпителия; другие более толстые и клиновидные. Нервные волокна соединены с веретенообразными клетками.

Диапазон ощущений вкуса гораздо более ограничен, чем обоняния. Спинка языка чувствительна к горькому, кончик - к сладкому и соленому, а бока - к кислотам. Сочетание этих качеств отчетливо поддается анализу с помощью чувства вкуса. Наши вкусовые ощущения не сливаются воедино. Небольшие различия в том, как органы на разных частях языка реагируют на стимуляцию, позволяют нам распознать, что жидкое вещество представляет собой смесь. Когда во всеуслышание было заявлено, что сахарин является безопасным подсластителем для людей, страдающих подагрой, была предпринята попытка предложить им подслащенный сахарином джем. Эффект джема на человека, который его употреблял, был поистине юмористическим. Сначала возникало подозрение на терпкость, затем ее адекватное подавление, за которым следовала тошнотворная сладость. Органы чувств, отвечающие за восприятие вкуса, представляют собой скопления веретенообразных эпителиальных клеток, собранные в “вкусовые луковицы” (рис. 26). Каждая вкусовая клетка имеет крошечную щетинку, которая выступает через пору, оставленную клетками окружающего эпителия, образующими шаровидную оболочку для луковицы. Как и в носу, глазу и ухе, также присутствует вторая, более толстая разновидность эпителиальных клеток. Нервные волокна вкусовых луковиц - это не отростки их клеток, как в обонятельной мембране, а ответвления пятого нерва, которые разветвляются между ними. На спинке языка вкусовых луковиц гораздо больше, чем в других местах. Они не так чувствительны, как клетки обонятельной мембраны; тем не менее, они позволяют нам обнаружить 1 часть хинина в 2 000 000 частях воды.

Ощущения вкуса и запаха сохраняются в течение длительного времени после стимуляции, потому что пахучее или сочное вещество остается в контакте с органами чувств. Этим объясняется замешательство, в которое впадает мужчина, если он пьет поочередно портвейн и херес. Через короткое время он уже не может отличить одно от другого. Органы быстро утомляются, если использовать этот термин в широком смысле. Насколько невыносимым был бы пачули для дам, которые им пользуются, если бы было иначе! Если в течение некоторого времени вдыхать запах резеды, он перестает быть узнаваемым; тогда как при взгляде на розу обонятельная мембрана оказывается такой же чувствительной, как обычно. Когда органы чувств устают от определенного запаха, они притупляются и для других запахов той же группы, что дает возможность классифицировать обонятельные ощущения в соответствии с их качествами; но этот метод труден в применении. Температура оказывает сильное влияние на органы вкуса. Хинин не ощущается сразу после употребления ледяной воды. Алкоголь, эфир или хлороформ парализуют органы примерно таким же образом. Касторовое масло незаметно попадает в горло, если рот непосредственно перед его проглатыванием был прополоскан бренди или крепким раствором настойки хлороформа.

Англичане очень мало пользуются своим обонянием. Это могло бы многому научить их относительно различных эманаций гнилой материи, которые образуются в результате действия бактерий; но, боясь стоков, они отказываются развивать в себе умение пользоваться этим чувством. Нос ценится за то, что он предупреждает о “неприятных запахах”, но ему не разрешается их анализировать. Пригоревшее молоко, прокипяченное мыло, прогорклые масла - табу, потому что они ассоциируются с халтурой на кухне. С умеренным рвением мы позволяем нашему обонянию различать продукты питания и напитки, но мы не принадлежим к расе эпикурейцев. Ароматы цветов относятся к категории “приятных запахов”. Идея жадности не



ассоциируется с их наслаждением; кроме того, они напоминают нам о садах, солнечном свете, красивых формах и цветах. В бутылках мускус, флердоранж, фиалка, лаванда ценятся не столько за их сладость, сколько за исключительную эффективность в заглушении неприятных запахов. Немногие люди практикуют распознавание и различение даже приятных запахов. Очень немногие, впервые столкнувшись с душистой травой или кустарником, обращают достаточно внимания на их аромат, чтобы запечатлеть его в своей памяти. Они обращают внимание на форму его листьев и цвет цветов, но не могут идентифицировать его по запаху, когда встречаются с ним снова. Поэтому нет ничего удивительного в том, что это ущемленное чувство имеет тенденцию покидать нас после среднего возраста. Утверждалось — и, вероятно, это утверждение оправдано, — что обонятельная луковица мужчины старше сорока редко бывает свободна от признаков атрофии. У нас нет статистических данных о мозге японцев, которые считают обоняние одним из главных способов получения удовольствия; но, возможно, в этом отношении их мозг отличается от нашего. Однако притупление чувств едва ли замечается, поскольку его результаты не имеют большого значения по сравнению с теми, которые следуют за потерей зрения или слуха. Многие мужчины, становясь старше, заявляют, что повар их клуба утратил свою хитрость, или откровенно утверждают, что его “больше не интересуют кикшоу. Для него достаточно холодной говядины, пива и маринованных огурцов”. Он и не подозревает, что его вкус утратил способность различать вкусы изысканного мяса и вин. Другие продолжают быть требовательными, потому что их воображение по-прежнему наделяет еду теми качествами, которые они помнят, точно так же, как люди едят консервированную спаржу или консервированный горошек, потому что они выглядят — какими бы слабыми ни были на вкус — как дары Весны.

Вкус сопровождает прием пищи во рту. У нас нет никаких знаний о состоянии наших собственных обонятельных мембран, и поэтому мы предполагаем, что вкус, будь то из-за стимуляции вкусовых луковиц или обонятельной мембраны, находится во рту. Запах цветка мы мысленно проецируем на расстояние, потому что вид цветка ассоциируется у нас с его ароматом. Собака, способная судить о свежести или затхлости запаха, должна проецировать свои обонятельные ощущения точно так же, как мы проецируем наши зрительные ощущения. Это своего рода оценка времени, которое потребуется, чтобы добраться до источника запаха. Возбуждение усиливается по мере того, как шлейф становится свежее.

Вкус и обоняние сильно нагружены эмоциональным тоном. Когда они неприятны, чувство, которое они вызывают, почти сродни боли. Оно может накапливаться до тех пор, пока, подобно голоду, не вызовет разрядку двигательных нейронов; но под его воздействием пища выбрасывается, вместо того чтобы готовиться к ее приему.

Вкус и обоняние — это органы чувств, которые не дают нам никакой информации о времени или пространстве. Они порождают массовые ощущения. Такие ощущения, лишенные деталей, создают скорее настроение, чем мысль. Запах табака не отвлекает внимания. Напротив, постоянный поток импульсов, который он порождает, помогает подавить таяканье более острых ощущений. И поскольку ощущения запаха не имеют собственных особенностей, они образуют фон для ощущений другого рода, входя вместе с ними в память. Нет двух совершенно похожих сцен. Одна не может вспомнить другую. Но аромат сиринги всегда один и тот же. Где бы вы ни почувствовали запах, он открывает пути в мозге, которые впервые ассоциируются с июньским вечером и сирингой, со сценой и ситуацией, на которых память любит останавливаться.

---

## ГЛАВА XIII

### ВИДЕНИЕ

Глаз заключен в шар из волокнистой ткани, передняя часть которого, или роговица, будучи прозрачной, пропускает свет. Эпителиальный слой, который покрывает роговицу, конъюнктиву, также прозрачен. Никакие кровеносные сосуды не проникают в эти бесцветные ткани, за исключением случаев воспаления, вызванного инфекцией, воздействием солнечных лучей или пыли. В плане питания они зависят от плазмы, которая, вытекая из окружающих их сосудов и возвращаясь в них, циркулирует в их тканевых пространствах. В пожилом возрасте, когда кровообращение становится менее интенсивным, на роговицу надвигается кольцо из непрозрачной ткани, старческая дуга. Во внутренней части глазного яблока, сразу за роговицей, находится выступающий выступ, образованный кольцом ткани, поддерживаемым опорами - цилиарными отростками. Он продолжается внутрь в виде радужки, мышечной завесы. “Гиалоидная мембрана” выстилает заднюю часть глобуса. Продолжаясь на внутренней стороне ресничных отростков, она разделяется на несколько слоев, которые проходят: один перед хрусталиком, другие к его краю, к которому они прикреплены, и еще один, очень тонкий, позади него. Поскольку она удерживает хрусталик на месте, передняя часть гиалоидной мембраны известна как его “подвесная связка”. Таким образом, глазное яблоко разделено на три камеры. Передняя заполнена водянистой лимфой, водянистой влагой. В ней, опираясь на переднюю поверхность подвешивающей связки хрусталика, находится радужная оболочка. Средняя камера содержит хрусталик. Задняя камера заполнена жидким желеобразным веществом - стекловидным телом.

Из-за сокращения кольцевых волокон радужной оболочки отверстие зрачка уменьшается, ограничивая попадающий в глаз свет. Такая регулировка происходит при ярком освещении. Он также приводится в действие с целью отсечения расходящихся лучей, которые не были бы четко сфокусированы при взгляде на находящиеся поблизости предметы. Задняя поверхность радужной оболочки и внутренние поверхности ресничных отростков покрыты плотным черным пигментом. Именно этот пигмент, просвечивающий сквозь неокрашенную соединительную ткань и простые мышечные волокна, из которых состоит радужная оболочка, придает серым и голубым глазам их цвет. У многих глаз радужная оболочка содержит в своем составе коричневый пигмент.

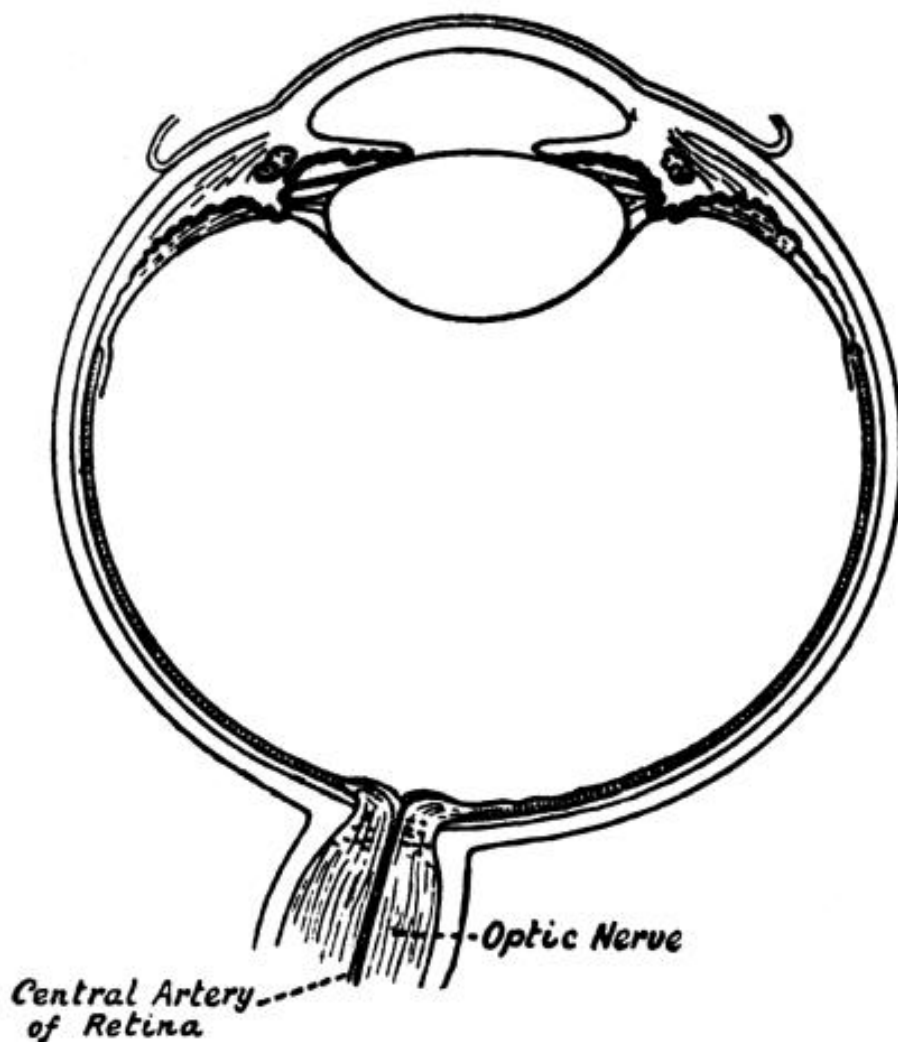


Рис. 27. Горизонтальный разрез через Правый глаз.

Небольшое углубление в сетчатке по оси земного шара - это центральная ямка, или желтое пятно; зрительный нерв проходит через шарик с внутренней или носовой стороны. Хрусталик с его подвешивающей связкой отделяет водянистую влагу от стекловидного тела. На передней поверхности хрусталика находится радужная оболочка, покрытая на задней поверхности черным пигментом. По обе стороны от хрусталика видны ресничные отростки с кольцевыми волокнами ресничной мышцы, рассеченными поперечно, и ее расходящимися волокнами, расположенными веером.

Задняя часть глазного яблока покрыта оболочкой, сетчаткой, образованной распространением волокон зрительного нерва перед различными слоями нервных клеток и сенсорными клетками органа зрения, палочками и колбочками. Сетчатка находится между гиалоидной мембраной, которая окружает стекловидное тело, и слоем пигмента, который “подпирает” ее, подобно тому, как фотограф подпирает пластинку, когда он предлагает направить ее к источнику света — сфотографировать окно изнутри комнаты. Зубчатый край сетчатки находится несколько кпереди от экватора глазного яблока. Пигмент, который выстилает сетчатку, содержится в клеточном слое, принадлежащем мешочку мозга, который простирается наружу по направлению к глазной впадине (стр. 334). Следовательно, собственно говоря, это слой сетчатки.

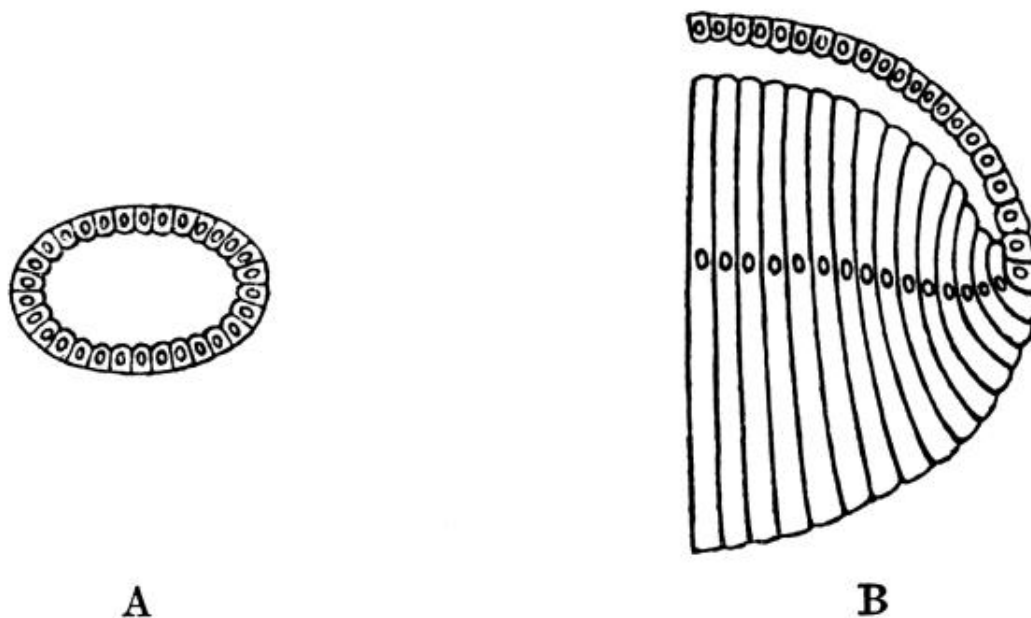


Рис. 28. Диаграммы, показывающие способ формирования хрусталика.

А, ямка в эпителии на поверхности головки закрылась в полую сферу. Б, клетки задней стенки этой сферы растут вперед, как волокна хрусталика, которые пересекают всю его толщ, за исключением кубического эпителия на его передней поверхности.

В развитии глазного яблока принимают участие три группы тканей. (1) Эпителий, покрывающий поверхность головки, вдавлен в виде ямки, которая постепенно смыкается в полую сферу. Эта сфера, когда ее полость заполняется, благодаря большому удлинению клеток ее задней половины, становится хрусталиком. Она отделяется от остальной части поверхностного эпителия, который становится прозрачным в виде той части конъюнктивы, которая называется “эпителием роговицы”. (2) Сетчатка, как уже говорилось, представляет собой полый вырост из межмозгового слоя. Когда этот мешочек приближается к хрусталику, его передняя половина отодвигается в заднюю половину, образуя чашечку с двойными стенками. Передний, или внутренний, листок чашечки развивается в нервные слои сетчатки, задний листок - в ее пигментированный эпителий. (3) Соединительные ткани трансформируются в другие составляющие земного шара — роговицу, радужную оболочку, стекловидное тело и т.д. Глобус закончен, за исключением места на носовой стороне его заднего полюса, где зрительный нерв пронзает его.

Кровеносные сосуды сетчатки, впадающие вместе со зрительным нервом, разветвляются на ее передней поверхности. При обычных обстоятельствах мы не обращаем внимания на тени, которые они отбрасывают, как не обращаем внимания на слепое пятно, которое совпадает с диском из нечувствительной ткани, представленным концом зрительного нерва, и на многие другие несовершенства; но Пуркинье много лет назад показал, что с помощью очень простого маневра мы можем обратить на них внимание.

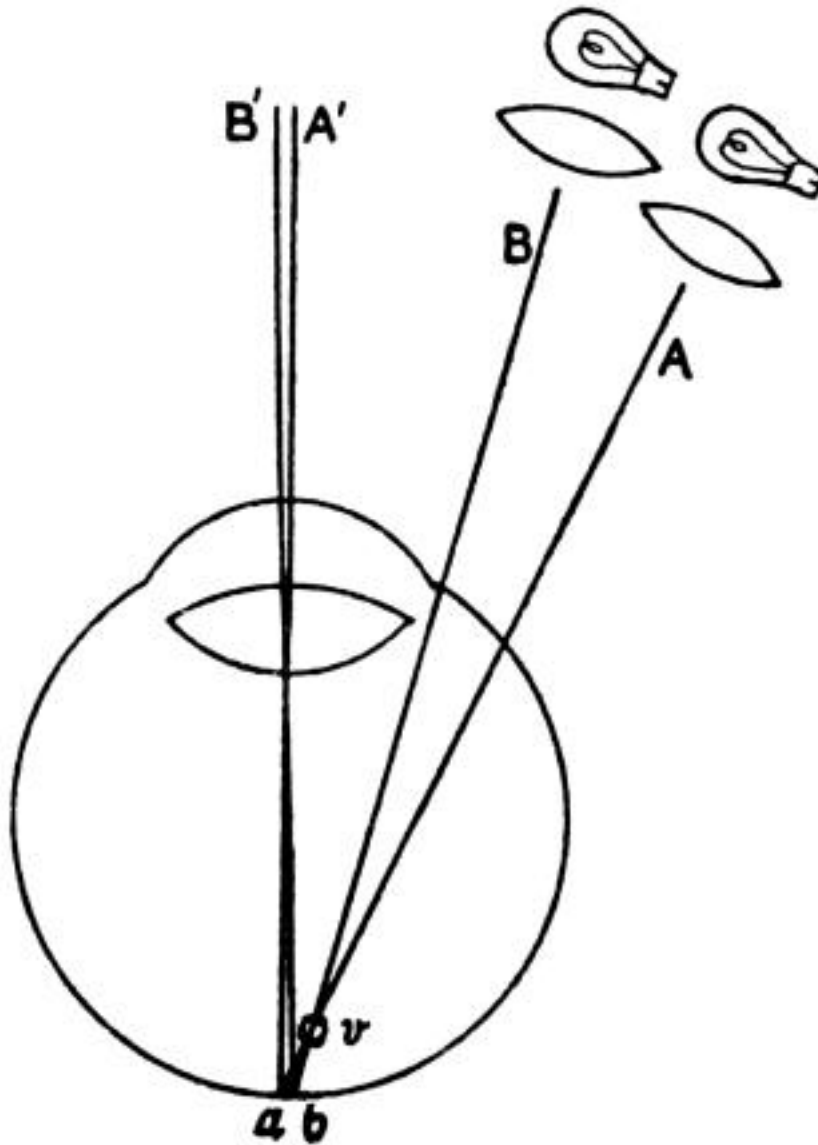


Рис. 29. Тени Пуркинье.

Луч света, проходящий через глазное яблоко в направлении А, отбрасывает тень от сосуда  $v$ , лежащего на передней части сетчатки, на чувствительный слой в ее задней части. Когда свет перемещается от А к В, тень перемещается от  $a$  к  $b$ . Разум, предполагая, что тень - это темное пятно на ближайшей стене или экране, делает вывод, что это пятно перемещается из пункта "А" в пункт "Б".

Используя *рисунки Пуркинье*, можно доказать, что уровень в сетчатке, на котором колебания света вызывают импульсы, вызывающие зрительные ощущения, совпадает с задней частью ее переднего листка — т.е., со слоем палочек и колбочек. Человек пристально смотрит на белую простыню в тускло освещенной комнате, в то время как ассистент с помощью линзы фокусирует сильный свет на передней части его глазного яблока, на внешней стороне роговицы. Лучи, проходящие через белок глаза, отбрасывают тени сосудов сетчатки на слои, расположенные за ними; но поскольку свет обычно попадает в глазное яблоко не таким образом, человек, над

которым проводились эксперименты, предполагает, что он видит тени перед собой. Он мысленно проецирует их на белую простыню. Рисунок сосудов его сетчатки проступает на простыне серыми полосами. Когда пятно света перемещается, рисунок тени смещается в том же направлении; поскольку при обратном отображении на сетчатке движение справа налево интерпретируется сознанием как движение слева направо. Учитывая угол, под которым проходит свет, и видимое смещение теней, несложно рассчитать расстояние за кровеносными сосудами чувствительного слоя глаза. Цифры Пуркинье настолько точны, что можно проследить за тенью отдельных кровяных телец и вычислить скорость, с которой они движутся в капиллярах сетчатки.

Сетчатка - это орган зрения. Роговица, радужная оболочка, хрусталик, стекловидное тело - это части камеры, в которых экспонируется этот чувствительный экран; а чувствительный слой сетчатки - это слой палочек и колбочек. Поэтому интерес сосредоточен на этих структурах. Они расположены с предельной регулярностью на задней поверхности тонкой сетчатой мембраны - внешней ограничивающей мембраны. Но палочки и колбочки - это только внешние половинки сенсорных клеток, внутренние части которых, уменьшенные до минимальной толщины, за исключением тех мест, где они содержат свои ядра, лежат во внешнем ядерном слое. Стержни - это более крупные элементы. Каждый состоит из внешнего сегмента, или отростка, из относительно твердого вещества, поперечно исчерченного и способного распадаться на диски; и внутреннего отростка из гораздо более мягкого вещества, опять же делимого на две части, наружную с продольными бороздками, внутреннюю зернистую. Шишки почти идентичны по строению палочкам, за исключением того, что их наружные конечности намного меньше, а внутренние - скорее полнее. У лягушек и различных других животных, но не у Человека, каждый конус содержит на стыке двух своих конечностей сильно преломляющийся шарик масла, часто ярко окрашенный, красный, желтый или зеленый.

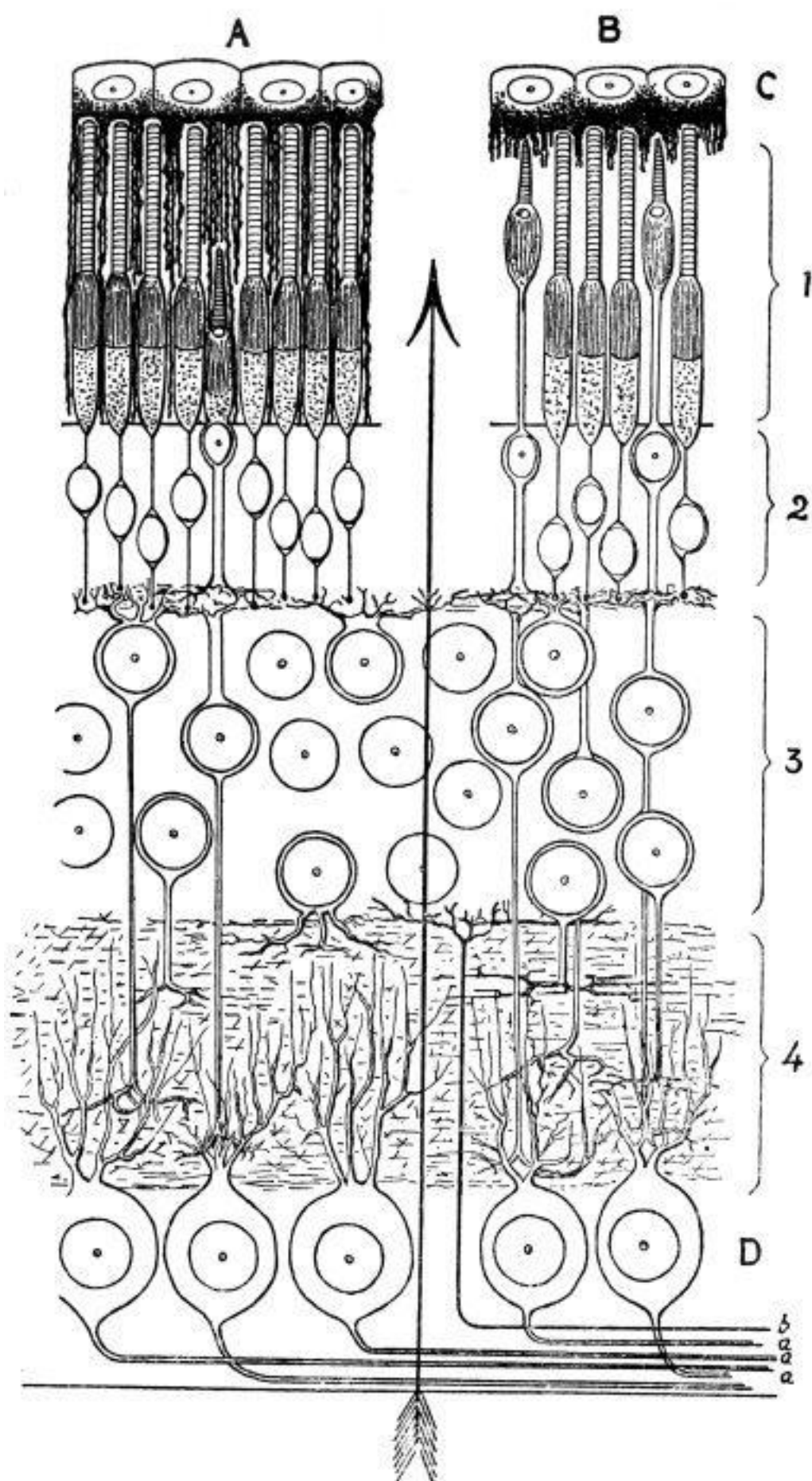


Рис. 30. Сетчатка в вертикальном разрезе — А, после воздействия яркого света; Б, после отдыха в темноте.

Стрелка показывает направление прохождения света через сетчатку. С - эпителий сетчатки с его пигментированной каймой. 1, Слой палочек и колбочек, отделенный внешней ограничивающей мембраной от 2, слоя ядер палочек и колбочек. 3, Ганглиозные клетки сетчатки, которые гомологичны клеткам афферентного корешка спинномозгового нерва. Их периферические аксоны разветвляются под сенсорным эпителием (палочки и колбочки и их сегменты, несущие ядро), их центральные аксоны - в 4-м, внутреннем молекулярном слое. D, собирающие клетки на передней поверхности сетчатки; *a a*, их аксоны, которые проводят импульсы в мозг; *b*, эфферентное волокно от мозга.

Слои перед палочками и колбочками содержат принадлежащие им нервные элементы. Во “внутреннем ядерном слое” находятся ганглиозные клетки сетчатки, гомологичные клеткам ганглиев задних корешков спинномозговых нервов; но в сетчатке они биполярные и чрезвычайно мелкие. По обе стороны от довольно толстого слоя, занятого ядрами этих ганглиозных клеток (и клеток других типов, которые ради наглядности мы опускаем), находится нащупываемое сплетение нервных волокон, в которых переплетаются их два конца. Самый внутренний, или передний, слой состоит из одного листа довольно крупных собирающих клеток и их аксонов, которые направляются к зрительному нерву. Каждая колбочка имеет соответствующую ганглиозную клетку, собирающую клетку и эфферентное волокно. Стержни обслуживаются группами ганглиозными клетками и собирающими клетками. Из этого можно сделать вывод, что колбочка является сенсорной единицей, и этот вывод подтверждается, как мы сейчас покажем, прямыми доказательствами. Соединения стержней показывают, что они также являются сенсорными элементами, хотя можно усомниться в том, являются ли они сенсорными единицами. Зрительный нерв содержит очень большое количество волокон — около миллиона — все мелкие, но некоторые заметно крупнее остальных. Самые крупные, весьма вероятно, принадлежат собирающим клеткам палочек. Но сетчатка определенно не содержит миллиона собирающих клеток. Следовательно, значительный остаток волокон не учитывается. Предполагается, что они афферентны к сетчатке, но у нас нет никаких знаний о природе импульсов, исходящих от мозга.

Пигмент сетчатки - это не просто основа для чувствительного экрана. Несомненно, он играет важную роль в зрении. То, что это несущественно, очевидно из того факта, что альбиносы, чьи глаза кажутся розовыми из-за отсутствия пигмента и, как следствие, просвечивания крови в чрезвычайно сосудистой оболочке, которая находится за сетчаткой, могут видеть; хотя их зрение нельзя назвать нормальным. Они исключительно чувствительны к избытку света. Мы вернемся к этому предмету после описания различий в способе функционирования, которые отличают палочки от колбочек, различий настолько заметных, что позволяют нам говорить о двух видах зрения.

В сумерках теплые тона постепенно исчезают из пейзажа; преобладают холодные синие и серые тона. Наступает время, когда алые маки кажутся черными, хотя желтые и синие цветы и зеленые листья все еще можно смутно различить. При полном дневном свете цвета видны ярче всего при ярком освещении; при тусклом освещении они, как правило, имеют различные оттенки серого. Ночью, если небо усыпано звездами, все цвета сменяются слегка голубовато-серым при ярком освещении и черным в тени. Но не очень редким отклонением от нормы



является куриная слепота - неспособность видеть вообще, когда свет недостаточно ярок для распознавания цветов. У людей, пораженных таким образом, стержни не функционируют, потому что именно с помощью стержней мы видим то, что происходит при слабом освещении. Они регистрируют различия в интенсивности между нижним пределом своей чувствительности и более высокой степенью яркости, при которой они заменяются колбочками; но они не дают никакой информации о цвете. Их монохромность интерпретируется разумом как голубовато-серый цвет, очевидно, потому, что, поскольку они нечувствительны к красным лучам, ощущения, источником которых они являются, ассоциируются с синим концом спектра. Когда колбочки стимулируются очень слабо, усиливающий серый цвет стержней позволяет нам различать все остальные цвета, кроме красного, который кажется черным. При ярком освещении палочки находятся в постоянном состоянии истощения; они не улучшают зрение. Палочки реагируют на стимуляцию медленнее, чем колбочки. Этот факт позволяет нам с помощью очень красивого эксперимента различать два вида зрения. Диск из зеленой бумаги размером примерно с трехпенсовую монету наклеен на красную поверхность. Если держать диск на расстоянии вытянутой руки в комнате, освещенной единственной свечой, он выглядит тускло-зеленым, когда взгляд направлен на него; но если направить взгляд на 2-3 дюйма в сторону от него, он кажется ярче, чем раньше, но менее отчетливым и почти серым. Объяснение этому можно найти в том факте, что на заднем полюсе глаза имеется неглубокая чашечка — центральная ямка, — в которой находятся только колбочки, без палочек. Это небольшое углубление является областью прямого видения, единственным местом, в котором мы видим вещи достаточно отчетливо. В ямке ядра и нервные клетки сетчатки удаляются от передней части колбочек к краю чашечки, чтобы они не мешали прохождению света. Ямка и кольцо вокруг нее содержат немного желтого пигмента. Поэтому ее обычно называют “желтым пятном”. Когда мы смотрим прямо на зеленый диск, он фокусируется на желтом пятне. Затем это вызывает ощущение зелени; но поскольку это не подкрепляется никакими ощущениями стержня, зелень становится тусклой. Когда он сфокусирован за пределами желтого пятна, он стимулирует палочки и редкие колбочки, которые лежат среди них; а поскольку палочки более чувствительны к свету низкой интенсивности, чем колбочки, диск выглядит ярче. Если, в то время как наблюдатель все еще пристально смотрит на точку сбоку от диска, красной бумагой быстро, но мягко помахнуть вправо и влево, кажется, что при каждом движении с темно-зеленого диска соскальзывает ярко-серая обложка и мгновение спустя скачком возвращается на свое место. Ощущение серого стержня, развивающееся медленнее, чем ощущение зеленого конуса, как бы остается позади. Они разделяются в тот момент, когда бумага начинает поворачиваться вправо или влево.

Астрономы давно признали, что одна из меньших звезд, которая привлекает внимание, когда они не смотрят прямо на нее, может быть невидимой, когда взгляд направлен туда, где она должна быть. Это было видно при фокусировке на палочках, но не видно при фокусировке на колбочках. У большинства птиц сетчатка показывает только колбочки. Для любого, кто впервые входит в голубятню ночью, этот опыт очень любопытен. Свеча является для него достаточно сильным источником света, но она не дает достаточно света, чтобы голуби могли видеть. Хотя они явно встревожены шумом, производимым незванным гостем, они позволяют снять себя со своих насестов, не делая никаких попыток убежать. Если, испугавшись прикосновения руки, они обращаются в бегство, то налетают на стену. Голуби куринослепые. Сетчатка совы состоит в основном из палочек, наружные отростки которых исключительно длинные.

Внешние отростки стержней окрашены в красновато-фиолетовый цвет. Этот цвет быстро обесцвечивается на свету. Если лягушку, которую ненадолго продержали в темноте, обезглавить, зафиксировать ее голову на десять минут в положении, при котором перед ней находится окно, затем отнести в фотолабораторию, где вынимают глаз красным светом, открывают и удаляют сетчатку, на нем будет виден отпечаток окна. Такую оптограмму можно зафиксировать, окунув сетчатку в квасцы.

Сетчатка легко отделяется от своего пигментного слоя. Если она была отбелена под воздействием света, то при повторном контакте с пигментом она вновь приобретает свой “визуальный фиолетовый цвет”. Очевидно, визуальный фиолетовый цвет обновляется за счет пигмента, который находится позади (и вокруг) стержней.

От клеток пигментного слоя к наружным отросткам палочек и колбочек отходит бахрома струящихся отростков (рис. 30). При тусклом освещении отростки свисают лишь немного вниз; при ярком освещении они реагируют почти до внешней ограничивающей мембраны. Они снабжают палочки пигментом, но их связь с колбочками непонятна. Однако ясно, что колбочки, хотя и не окрашены, зависят от пигментной каймы, поскольку они всегда остаются в контакте с ней. Их внутренние конечности удлиняются в темноте, поднимая их до пигмента, и укорачиваются при ярком свете. Эти движения могут просто указывать на то, что колбочки нуждаются в пигментной подложке, но представляется более вероятным, что, подобно палочкам, они поглощают вещество, чувствительное к свету, хотя мы не можем распознать его по цвету.

Чувствительность стержней к свету обусловлена визуальным фиолетовым цветом. Как известно каждой женщине, цвета, особенно лиловый и сиреневый, обесцвечиваются на свету. Химическое изменение цвета наружных ветвей палочек, на которое влияет свет, является стимулятором, вызывающим импульсы в связанных с ними нервных волокнах, и обычно считается, что колбочки — более высокоспециализированные сенсорные клетки — стимулируются таким же образом. Визуальный фиолетовый цвет особенно распространен у всех животных, которые передвигаются ночью, за исключением летучей мыши. Но его отсутствие у летучей мыши не опровергает теорию о том, что это причина ночного видения, поскольку было показано, что слепая летучая мышь летает почти с такой же свободой и избегает препятствий — даже нитей, протянутых через комнату, — с таким же мастерством, как и та, что может видеть. Он ориентируется по щетине на своей щеке. То же самое относится и к кошке, которая, как известно, способна видеть в темноте. Несомненно, кошачий глаз является исключительно эффективным органом при тусклом освещении, так же как он исключительно чувствителен к солнечному свету — он снабжен радужной оболочкой, которая сужает зрачок почти до крохотного отверстия, — но кошка доверяет щетинке на своей щеке информацию о предметах, которые преграждают ей путь.

Большинство особенностей, отличающих реакции глаза от реакций других органов чувств, можно объяснить способом его стимуляции — запуском нервного тока в результате химического изменения. Ни один стимул, если он достаточно силен, не может быть слишком кратковременным. Сетчатка реагирует на электрическую искру так же, как фотопластинка; но, в отличие от пластинки, чувствительность сетчатки восстанавливается до ее прежнего состояния примерно за одну десятую секунды. Зрительное ощущение длится около одной десятой секунды. Однако это продление ощущения является ментальным, а не ретинальным эффектом.

Разум продолжает видеть объект, который был освещен вспышкой, до тех пор, пока сетчатка снова не будет в состоянии послать мозгу второй импульс. Если бы наши ощущения совпадали по продолжительности со стимуляцией наших органов чувств, мы жили бы в мерцающем кинематографе. Когда человек наблюдает за движущейся точкой света — например, за тлеющим концом спички, — продление ощущения имеет свои недостатки; движущаяся точка интерпретируется как полоса света. Если освещение очень яркое, видимый объект может вызвать длительное остаточное изображение. Взгляд на солнце оставляет в памяти на секунды или даже минуты образ светящегося диска. Ощущения, вызванные стимуляцией желтого пятна, длятся дольше, чем те, которые возникают на периферии сетчатки. Если в поезде вас везут в определенном темпе мимо забора, состоящего из вертикальных прутьев, вы видите отдельные планки до тех пор, пока взгляд не будет направлен на них, когда они сливаются в сплошной экран.

Феномены негативных или дополнительных изображений имеют сетчаточное происхождение. Яркое изображение солнца, если стимул не был слишком сильным, сменяется черным диском. Если закрыть глаза после того, как уставишься в окно, то вместо белой поверхности с темными рамами на стеклах увидишь черную поверхность, пересеченную яркими линиями. Если после разглядывания красной поверхности посмотреть на потолок, то можно увидеть зеленое пятно; после желтого - синее. У каждого цвета есть свое дополнение, которое можно определить таким образом. Существует большая неопределенность относительно точных терминов, в которых следует объяснять это явление, но мало сомнений в том, что оно обусловлено особым способом реакции сетчатки на свет. Израсходованные химические вещества должны быть восстановлены, и в течение периода, в течение которого они возвращаются к тому, что можно назвать нейтральным состоянием, сетчатка доставляет в мозг импульсы противоположного знака.

Контрасты, которые переживаются одновременно, труднее понять, чем те, которые проявляются последовательно. На [рис. 31](#) половина серого креста, окруженная черным, кажется ярче, чем половина, лежащая на белой бумаге. Серый крест на красном фоне выглядит зеленым; на зеленом фоне - красным; на желтом - синим; на синем - желтым. Если зеленый находится на красном, он выглядит зеленее, чем если бы он был на белом или черном. Эти одновременные контрасты видны лучше всего, когда интенсивность цветов уменьшена за счет покрытия их оберточной бумагой. Это похоже на то, как если бы активность какой-либо одной части сетчатки сопровождалась активностью противоположного знака в остальной части. Но при объяснении наших различных ощущений небезопасно придавать слишком большое значение способу стимуляции. Разум судит об ощущениях в свете предыдущего опыта. Выражаясь анатомическим языком, воздействие ощущений на личность зависит от путей, по которым импульсы следуют в мозге, и ассоциаций, которые были установлены предыдущими импульсами, следовавшими по тем же путям. Сетчатка позволяет нам различать тон и цвет. По вариациям тона, сочетанию света и тени мы распознаем форму. Все потоки импульсов, которые не представляют тональных вариаций — то есть не воспроизводят детали сцены, — интерпретируются в терминах цвета. Каждый ребенок обнаруживает, что скуку от интервалов, в течение которых его глаза должны быть закрыты, можно облегчить, надавливая костяшками пальцев на веки. Хотя мир закрыт, его вниманию предлагается фосфен — желтый или белый диск неправильной формы с красным краем, переходящий в сиреневый, окаймленный зеленым, а затем в желтовато-зеленый с синим краем. Такими, если можно доверять моим

воспоминаниям, были картины, которые я привык видеть мальчиком; но никакая регулировка давления не вызывает их сейчас с такой же яркостью.

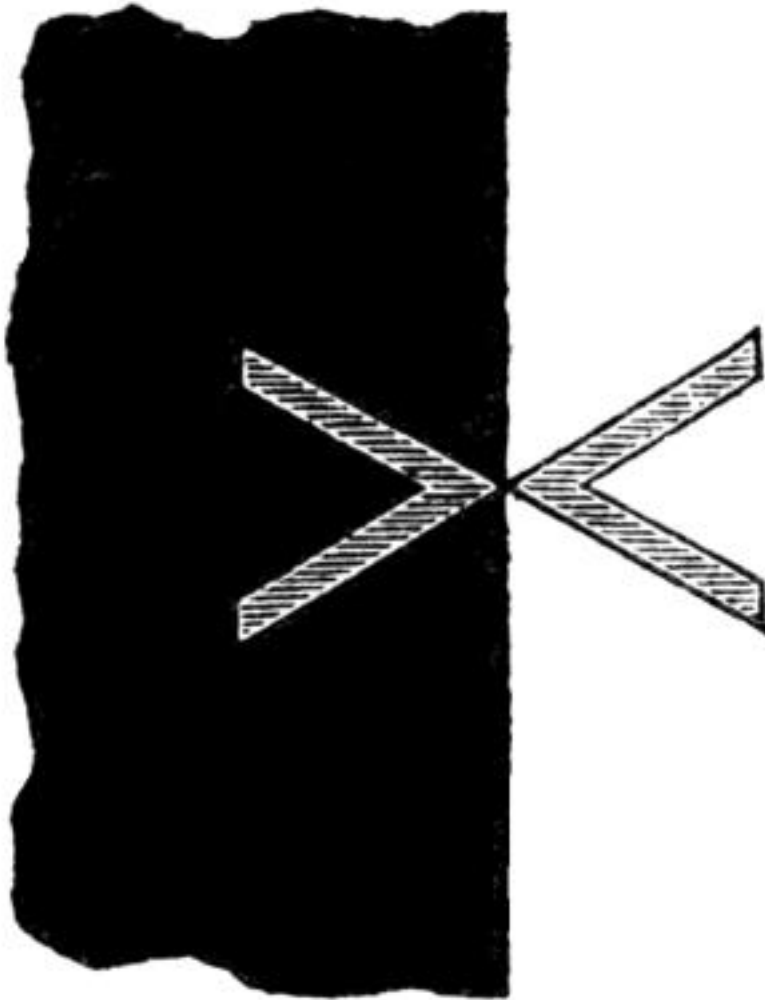


Рис. 31. Одновременный контраст.

Оттенок двух букв V в точности одинаков; но фигура, выполненная в полутон на черном фоне, кажется ярче, чем фигура, выполненная в полутон на белом фоне.

Все органы чувств проявляют тенденцию восстанавливаться после активности, проявляя контрастные явления; но контрасты зрения более заметны и разнообразны, чем контрасты других органов чувств, и это известно каждому, кто проявляет любопытство при наблюдении за своими собственными ощущениями. Негативные остаточные изображения обычно относят к сетчатке; но различные другие виды остаточных изображений и контрастных явлений следует приписывать суждениям, выносимым разумом относительно ощущений, которые он получает, а не физическим изменениям в органах чувств. Положительные остаточные образы - это хорошо заметные явления, хотя, возможно, и менее распространенные, чем феномены смены ощущений, о которых мы только что писали. Просыпаясь утром, человек смотрит в окно; переводя взгляд на потолок, возникает остаточное изображение окна, точно такое, каким он его видел, с яркими стеклами и темной рамой. “Адаптированный к темноте глаз”, будучи

исключительно чувствительным, дает такое же стойкое положительное остаточное изображение, как и глаз в его обычном состоянии после того, как его направили на солнце в полдень. Движение за образами можно объяснить, только связав их с неправильным направлением суждения. Если взгляд зафиксирован на скале рядом с водопадом, а затем перенесен на берег, покрытый травой или кустарником, то кажется, что часть берега, которая занимает боковую часть поля зрения, устремляется вверх, обращая движение воды вспять. Когда взгляд фиксируется на падающей воде — узком ручейке, сверкающем в солнечном свете, — центральная полоса поля перемещается вверх, а края остаются неподвижными. Если посмотреть на пятно на поверхности таза с водой, на которое падают капли из крана, а затем посмотреть на пол, то можно увидеть, как оно сужается к тому месту, на которое смотрят, обращая вспять движение ряби в тазу. Эти наблюдения раскрывают факт, имеющий огромное значение для физиологии зрения. Вероятно, невозможно по-настоящему зафиксировать взгляд. Мышцы глазного яблока поддерживают поле сетчатки в постоянном движении — более крупные движения накладываются друг на друга мельчайшими колебаниями. Когда, как при наблюдении за водопадом, движение на какое-то время приняло определенное направление, его прекращение считается обращением вспять.

Анатомической единицей восприятия является колбочка. Центральная ямка, единственная часть сетчатки, способная воспринимать ощущения, достаточно дискретные для чтения, содержит только колбочки. Если направить взгляд всего на несколько миллиметров на белое поле страницы, буквы теряют свою форму. В ямке центр одной колбочки находится на расстоянии  $3 \cdot 6$  мкм от центра следующей. Две звезды видны как отдельные, если они уменьшают угол обзора глазом не менее чем на 60 секунд. Затем их изображения на сетчатке находятся на расстоянии 4 мкм друг от друга. Параллельные белые линии, нанесенные на черную бумагу на таком расстоянии, что они кажутся глазу под углом 60 секунд, кажутся не прямыми, а волнистыми, показывая, что их изображения выполнены не сплошным веществом, а мозаикой конусов. До сих пор объяснение визуальной единицы было строго анатомическим; но следует добавить, что обученные наблюдатели могут распознать раздельность объектов, которые занимают углы гораздо меньше 60 секунд — не более 5 или 6 секунд. Это можно объяснить только исходя из гипотезы, что изображения, расположенные гораздо ближе друг к другу, чем ширина конуса, производят определенный эффект при прохождении через анатомическую единицу.

В 1807 году физик Томас Янг сформулировал теорию, объясняющую **цветовое зрение**. Он предположил, что сетчатка содержит три вида аппаратов —  $a$ ,  $b$  и  $c$  — каждый из которых особенно чувствителен к определенному виду света, причем все три слегка стимулируются лучами всех цветов. (Янг представлял себе три вида нервов, но современные сторонники его теории предполагают, что свет изменяет химический состав трех различных веществ.) Призма распределяет лучи, которые объединены в белом свете в полосу в порядке их длин волн — те, которые имеют самую длинную волну ( $0 \cdot 8$  мкм) и самую медленную частоту колебаний (381 миллиард в секунду) на одном конце, те, которые имеют самую короткую длину волны ( $0 \cdot 4$  мкм) и самую быструю вибрацию (764 миллиарда в секунду) на другом: между этими двумя крайностями есть все промежуточные уровни длины и скорости. Это лишь малая часть — небольшая группа — волн, которые передает эфир, но это все, что мы можем видеть. Длинные, медленные вибрации вызывают ощущения, которые мы описываем как красные; короткие, быстрые вибрации мы описываем как фиолетовые. Наши названия для используемых оттенков на редкость старомодны и неудовлетворительны, но все люди согласны с тем, что они

распознают в спектре определенное количество определенных цветов. Некоторые люди с нормальным зрением говорят, что двенадцать, другие - что восемнадцать. Во многом это вопрос терминологии.

Многие соображения показывают, что совершенно нет необходимости воображать, что на сетчатку по-разному воздействует каждый вид света или каждая из нескольких групп волн. Если красный цвет спектра смешать с желтым, мы получим впечатление оранжевого, которое идентично впечатлению, производимому волнами средней длины красного и желтого цветов; оранжевый и зеленый дают желтый; желтый и синий - зеленый. Любые два взаимодополняющих цвета дают белый. Беря три цвета — скажем, красный, зеленый и фиолетовый, — мы получаем, при их надлежащем смешивании, не только белый свет, но и свет любого другого оттенка, хотя и не спектральной чистоты, поскольку он смешан с белым. Янг считал, что все условия цветового зрения были бы удовлетворены, все наши различные ощущения обеспечены, если бы сетчатка содержала три вида аппаратов, на которые свет, в зависимости от его качества, воздействует в различной степени; и с этой теорией трех видов аппаратов *-a, b и c* — неразрывно связана теория трех элементарных или фундаментальных цветовых ощущений. Цвет *x* производит наиболее интенсивный эффект, когда стимулируется *a* при минимально возможной стимуляции *b* и *c*; *y* - это реакция *b*, *z* на *c*. Недавние исследования кривых интенсивности дают нам оттенки *x*, *y* и *z* карминово-красного, яблочно-зеленого и ультрамариново-синего.

Сочетание ощущений иллюстрируется хорошо известным цветовым топом. Но, возможно, самым ярким доказательством того, что трех элементарных цветовых ощущений достаточно для создания нашего визуального мира, являются фотографии, сделанные трехцветным методом. Выставлены три пластины — (*a*) за красным экраном, (*b*) за зеленовато-желтым экраном, (*c*) за синим экраном. Они закреплены таким образом, что участки, на которые воздействует свет, становятся нерастворимыми, тогда как остальная пленка может раствориться; *a* затем окрашивается в красный цвет, *b* в зеленовато-желтый, *c* в синий. Все три изображения накладываются друг на друга, и результат предстает перед глазом как точное воспроизведение объекта фотографии во всех его оттенках. На нем показаны все оттенки оранжевого, зеленого и фиолетового. Он такой же яркий, то есть наполненный белым светом, как и оригинал.

Однако против теории Юнга могут быть выдвинуты различные возражения. Из них наиболее весомыми являются: (1) Сетчатка не содержит трех видов аппаратов, как предполагал Янг; мы также не можем найти трех видов фотохимических веществ, как того требует теория в ее современной форме. Если бы мы могли их найти, возникла бы новая трудность, поскольку у нас нет оснований предполагать, что одно и то же нервное окончание может получать раздражители трех различных видов. (2) Теория не предлагает объяснения негативных остаточных изображений — дополнительных цветов, которые возникают, когда глаз закрыт после разглядывания ярко окрашенного объекта. (3) Это неадекватно объясняет различные недостатки дальтонизма.

Хорошо известно, что существуют различные степени дальтонизма и что цветовое зрение людей, считающихся нормальными, имеет разную степень утонченности. Тем не менее, отклонения у дальтоников настолько выражены, что случаи делятся на определенные классы. Те, у кого колбочки не функционируют, что означает, что их желтые пятна либо неразвиты — либо больны, видят все вещи серыми. Они полностью не различают цвета. Исключая их,

дальтоники могут быть сгруппированы в одно или другое из двух подразделений - (а) те, кто путает красный и зеленый, (b) те, кто путает желтый и синий. Один человек из каждых тридцати пяти страдает красно-зеленой слепотой. Доля еще выше, если учитывать только мужчин, что показывает, насколько неудачным является наш выбор предупреждающих сигналов. Человек, страдающий красно-зеленой слепотой, не может отличить огни левого борта от огней правого. С другой стороны, сине-желтая слепота встречается крайне редко. Согласно теории Янга, дальтонизм обусловлен отсутствием одного из трех наборов зрительного аппарата. Но случаи не совсем соответствуют этой гипотезе. Мы знали акварелиста-любителя, ныне покойного, который получал огромное удовольствие от красот природы и проявлял недюжинное мастерство в воспроизведении их своей кистью, несмотря на то, что был красно-зеленым слепцом. Каждый вечер сестра расставляла для него коробку с красками, и лишь изредка он использовал киноварь, чтобы заполнить передний план сочной зеленой травой. Но эта ошибка, когда он ее допустил, не уничтожила его собственного удовлетворения от картины. Было ясно, что красный цвет имел для него значение, хотя он и путал его с зеленым. Нормальный человек не может видеть глазами дальтоника, и нет другого способа сравнить его ощущения с нашими собственными. Ошибки, которые дальтоники допускают при сортировке цветных объектов и при названии смесей света, выбранных из различных частей спектра, показывают диапазон их недостатка, но не дают нам никакой информации о качествах ощущений, которые они сохраняют.

Обычно используется проверка чувствительности к цвету путем сортировки большого количества шерсти различного оттенка. Порядок, в котором должны располагаться цвета, не является вопросом общественного мнения. Они должны располагаться в том порядке, в котором они встречаются в спектре —*т.е.*, в соответствии с их длинами волн. В случаях дальтонизма, которые встречаются наиболее часто, дефект может быть описан как вызванный отсутствием ощущения красноты или как отсутствие ощущения зеленоватости. Можно различать эти два условия. Но поскольку глаз не является темным для красного цвета (хотя в некоторых случаях зрение очень слабое для красного конца спектра) или темным для зеленого, аномалия не может быть адекватно объяснена структурными причинами. Это необъяснимо на основе гипотезы о том, что в глазу отсутствует один из трех наборов чувствительных органов чувств (или нервных волокон) или фотохимических веществ. Опять же, общепризнано, что ощущения белого, желтого и синего у красно-зеленого дальтоника схожи с ощущениями нормальных людей. Это не согласуется с теорией об отсутствии в их глазах одной из трех частей цветового аппарата.

Профессор Геринг из Лейпцига, придерживаясь общепринятой точки зрения, что свет вызывает химические изменения в веществах, содержащихся в сетчатке, за счет чего происходит стимуляция нервных окончаний, сформулировал теорию цветового зрения, которую многие физиологи предпочитают теории Юнга. Он воображает, что сетчатка содержит три вида пигмента, каждый из которых, как, по его мнению, и все живое вещество, находится в состоянии постоянного изменения. Он одновременно создается и разрушается. Используя термины, обозначающие противоположные направления метаболизма, можно сказать, что пигмент одновременно подвергается анаболизму и катаболизму; эти два процесса, когда сетчатка находится в состоянии покоя, поддерживают равновесие. Когда свет воздействует на любое из веществ, он ускоряет, в зависимости от его качества, либо тот, либо другой процесс; и химическое изменение, будь оно созидательным или разрушительным, стимулирует окончания зрительных нервов. Следовательно, Геринг предполагает, что существует шесть элементарных

качеств зрительного ощущения — красный, зеленый, желтый, синий, белый, черный. Красный, желтый, белый обусловлены анаболизмом зрительных веществ; зеленый, синий, черный обусловлены их катаболизмом. Включение желтого в число не поддающихся анализу цветов является облегчением для многих умов. Почти невозможно думать о желтом как о сложном цвете. Белый также, как нам кажется, не является составным цветом, несмотря на то, что мы знаем, что призма рассеивает от него все оттенки радуги. Черный цвет, как утверждают многие люди, дает им определенные ощущения, а не просто ощущение покоя. (В скобках можно заметить, что не следует доверять *ощущению* того, что цвет чистый или смешанный. Это может быть основано на хроматической аберрации глаза, или это может напоминать коробку с красками. Мы знаем, что мы не можем получить желтый цвет, смешивая красный и зеленый пигменты, поэтому мы чувствуем, что он чистый. В зеленом мы ни в коем случае не уверены; нам приходят на ум гамбож и берлинская лазурь.) За исключением случаев, когда свет, падающий на сетчатку, вызывает одно из четырех чистых цветовых ощущений, все три вещества подвергаются одновременному воздействию, хотя одно из них может подвергаться катаболизму, в то время как два других накапливаются, или *наоборот*. Геринг объясняет одновременный контраст, предполагая, что активность любой одной части сетчатки вызывает противоположного рода изменения в остальной части, и особенно вблизи первично активной части. Когда определенное пятно приобретает ощущение красного цвета, остальная часть сетчатки приобретает ощущение зеленого.

Однако большое достоинство этой теории заключается в том, что она предлагает объяснение дополнительных остаточных образов. Зеленое пятно, видимое с закрытыми глазами после того, как человек уставился на красный объект, связано с восстановлением обмена веществ. Возвращаясь к состоянию химического равновесия, вещество сетчатки действует как стимулятор, вызывающий антагонистический цвет. Но это теория, которая допускает очень большие допущения. Он предполагает, например, возможность существования вещества, которое образуется под действием света с одного конца спектра и разлагается светом из его центра. Нельзя сказать, что Геринг считает существование трех веществ сетчатки существенным для своей теории. Он готов перенести в мозг местонахождение субстанций, или субстанцию, которая благодаря их анаболизму и катаболизму вызывает антагонистические цветовые восприятия; но при этом он отказывается от физиологии в пользу метафизики. У нас нет оснований предполагать, что в мозге существует какое-либо вещество, которое, претерпевая различного рода физические изменения, производит различные психические эффекты. Проблема, которую необходимо решить, носит физиологический характер. Лучи света различной длины волн возбуждают сетчатку, вызывая импульсы, которые по-разному распределены в мозге. Эффекты, которые они производят в сознании, зависят от их распределения. Импульсы, которые вызывают самые длинные лучи, вызывают ощущения красного цвета, а импульсы, вызванные самыми короткими, - ощущения фиолетового. И то, что верно для сетчатки в целом, верно, по-видимому, и для каждой отдельной колбочки. Каким образом свет воздействует на колбочку? Это одна из самых увлекательных проблем физиологии. Вокруг него вращаются наши мысли всякий раз, когда мы пытаемся сформировать представления о природе стимуляции, ощущения и восприятия. Каждая из двух теорий, которые мы изложили выше, помогает объединить некоторые из наиболее поразительных явлений цветовосприятия, но ни одна из них не дает удовлетворительного объяснения их причинной связи.



Чувствительность сетчатки в значительной степени адаптирована к интенсивности света. Когда вы входите в темную комнату, зрачок расширяется; но способность человека различать предметы продолжает увеличиваться и после того, как зрачок достигает своего максимального размера. По истечении десяти минут чувствительность глаза может быть в двадцать пять раз выше, чем при входе в комнату. Эта *адаптация к темноте* в значительной степени обусловлена заменой колбочек палочками как органов, от которых в основном зависит зрение. Но это не может быть полностью связано с этим, поскольку это происходит, когда человек работает при красном свете. Вероятно, красный, используемый в “темной комнате”, недостаточно близок к концу спектра, чтобы полностью не влиять на визуальный фиолетовый, но это цвет, к которому палочки сравнительно нечувствительны. Другие свидетельства также указывают на адаптацию как колбочек, так и палочек.

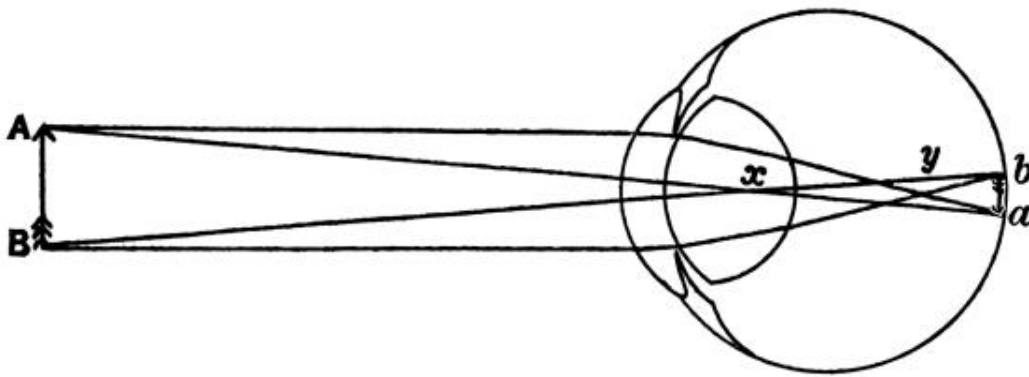


Рис. 32. Формирование изображения преломляющими средами Глаза.

$x$ , общий центр кривизны (узловая точка нескольких сред). Лучи, проходящие через эту точку, не отклоняются.  $y$ , главный фокус системы. Все лучи, параллельные оптической оси, сходятся к этой точке. Изображение точки A формируется в точке  $a$ , месте, в котором луч, параллельный оптической оси, встречается с отогнутым лучом — изображение B в точке  $b$ .

*Аккомодация глаза к расстоянию* осуществляется с помощью механизма, который позволяет хрусталику изменять форму. При взгляде на близкий объект он становится более выпуклым, чем при настройке на неограниченное расстояние, что является его состоянием, когда глаз находится в состоянии покоя. Настройка на близкие объекты требует мышечного воздействия и сопровождается ощущением усилия, каким бы незначительным оно ни было. Пока глаз находится в состоянии покоя, хрусталик механически прижимается к переднему слою удерживающей его связки. Аккомодация для зрения вблизи осуществляется цилиарной мышцей, которая расположена в полочке ткани, выступающей внутрь глазного яблока. Эта мышца состоит из кольца кольцевых волокон, а с внешней стороны от него - из волокон, которые расходятся назад и наружу. Продольные, или расходящиеся, волокна закрепляются на прочной стенке глазного яблока сразу за роговицей. Они распространяются в переднюю часть рыхлой хориоидеи, которая выстилает глаз за сетчаткой. Благодаря совместному действию этих двух наборов простых мышечных волокон подвесная связка ослабляется, и чрезвычайно эластичный хрусталик, ранее сжатый, выпячивается вперед. Радиус кривизны его передней поверхности изменяется от  $10 \cdot 3$  миллиметров для расстояния до 6 миллиметров для зрения в "ближней точке". В связи с развитием хрусталика (стр. 374) было указано, что клетки задней половины полый сферы, из которой он сформирован, разрастаются вперед в чрезвычайно

длинные волокна, которые пересекают всю его толщу. Эти волокна изогнуты подобно сегментам каретной пружины. Их передние концы упираются в уплощенную связку хрусталика; стекловидное тело, которое всегда находится в напряжении, сдавливает их задние концы. При извлечении из глаза хрусталик становится более круглым, чем он есть *на месте*, даже когда приспособлен для съемки близких объектов. Но в более позднем возрасте она становится жесткой. Она перестает выпячиваться вперед, когда ее связки ослаблены. Следовательно, становится необходимым помогать пресбиопическому глазу с помощью выпуклых очков, когда они используются для наблюдения за близкими объектами, хотя для зрения вдаль они остаются такими же эффективными, как и прежде. Если цилиарную мышцу постоянно и полностью освобождать от труда аккомодации, она становится ленивой или, скорее, истощается из-за недостатка использования. Человек, который полагается на очки, теряет способность к аккомодации; но офтальмологи сходятся во мнении, что самофокусировка, если она вызывает ощущение напряжения, вредна для глаз. У близоруких людей глазное яблоко расположено слишком глубоко; объекты фокусируются перед сетчаткой. При гиперметропии (“дальнозоркости”) глазное яблоко расположено слишком мелко; объекты фокусируются за сетчаткой. Вогнутые стекла исправляют одно условие, выпуклые - другое. Очки также очень часто требуются для нейтрализации другого дефекта — обычного астигматизма, — который может присутствовать сам по себе или сопровождать недостаточную длину или слишком большую протяженность оптической оси. Это происходит из-за неодинаковой кривизны роговицы. Обычно кривизна по вертикали более резкая, чем по горизонтальному меридиану (*ср. с. 269*); как следствие, точки на вертикальной линии фокусируются перед точками на горизонтальной линии. Для исправления этого дефекта требуются цилиндрические очки, а не линзы. И здесь, возможно, стоит обратить внимание на тот факт, что лучи света более резко преломляются поверхностью роговицы, чем хрусталиком. Хрусталик имеет высокий показатель преломления (1.45), но он находится не в воздухе (показатель преломления которого равен 1), а между двумя жидкостями, которые имеют примерно такой же показатель, что и вода, а именно 1.336. Изгиб за счет совместного действия роговицы и хрусталика лучей света, исходящих от источника, находящегося на таком расстоянии, что их можно рассматривать как параллельные, приводит к фокусированию их на сетчатке, когда хрусталик находится в самом плоском положении. Когда хрусталик максимально округл, лучи, расходящиеся от точки, находящейся всего в 5 дюймах перед глазом, фокусируются на сетчатке. Таким образом, хрусталик необходим для аккомодации, но после его удаления при катаракте зрение, даже вблизи объектов, становится возможным благодаря использованию выпуклых очков.

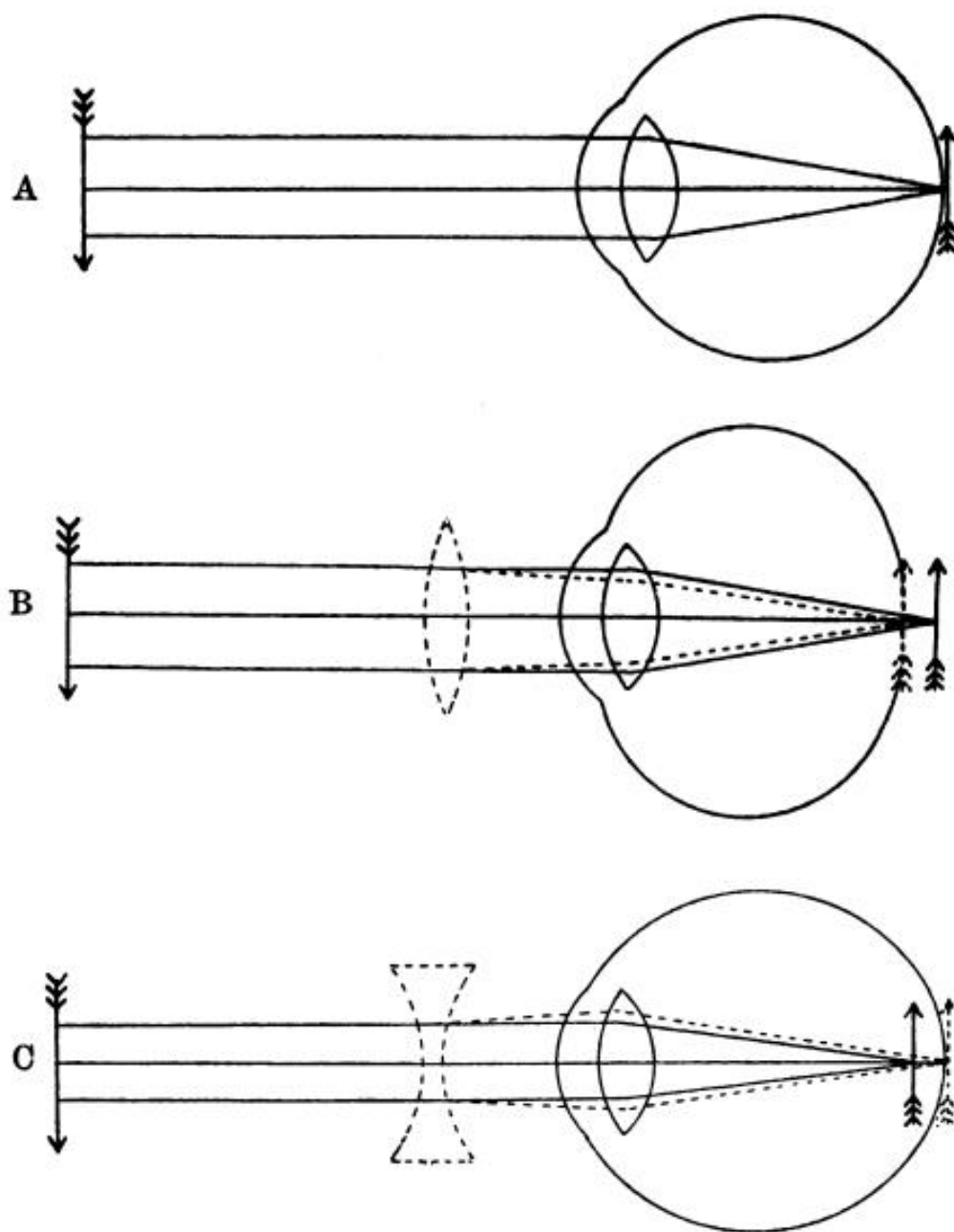


Рис. 33.

А - нормальное глазное яблоко, в котором при расслаблении цилиарной мышцы параллельные лучи фокусируются на сетчатке. Б - гиперметропическое глазное яблоко. Поскольку его глубина меньше нормы, параллельные лучи не фокусируются на сетчатке, когда глаз настроен на зрение вдаль без помощи выпуклого стекла. С, миопическое глазное яблоко. Поскольку его глубина больше нормы, необходима вогнутая линза, чтобы уменьшить схождение параллельных лучей.

Звезда или далекий газовый фонарь видятся как светящаяся точка с лучами. Обычно на этом рисунке, давшем начало выражению “звездообразный”, изображены три больших луча, чередующихся с тремя меньшими лучами. Такое изображение не создается точкой света рядом с глазом, поскольку это происходит из-за сморщивания хрусталика при прижатии к его связке.

На нем видны три оси на передней поверхности линзы и три оси, которые чередуются с ними на задней поверхности, относительно которых расположены волокна линзы.

Как приспособление живых тканей для оптических целей, глаз выше всяких похвал, однако он имеет множество **дефектов**, которые оптик исправляет в инструментах, которые он производит. Замечательным фактом в физиологии зрения является то, что мы не осознаем несовершенства этого органа. Необходим необычный эксперимент, чтобы привлечь к ним наше внимание. Если мы смотрим через обычную стеклянную линзу, не скорректированную на неравномерное преломление лучей разной длины волны, мы распознаем, что яркий объект показан с цветной каймой, но мы не обращаем внимания на цветные полосы, которые окружают изображения всех ярких объектов, сфокусированных на нашей сетчатке. Если мы подумаем об этом, то поймем, что синий цвет в витражном окне кажется более далеким, чем красный; но это вполне может быть связано с ассоциацией. Голубое стекло в основном используется для изображения неба. Если мы смотрим на яркий объект через фиолетовое стекло, мы видим его красным с синей каймой или синим с красной каймой, в зависимости от того, сфокусирован глаз на красном или на синем. Фиолетовое стекло поглотило все промежуточные лучи, и мы начинаем осознавать, что не можем сфокусировать два крайних конца спектра в одном и том же месте. Поскольку для фокусировки на красном требуется большее усилие аккомодации, мы судим о том, что яркий объект находится ближе к нам, когда он кажется красным, чем когда он кажется синим.

Сферическая аберрация - еще один недостаток линзы. Лучи, попадающие на ее край, фокусируются быстрее, чем те, которые проходят через ее центр. Это связано с тем, что его поверхности имеют правильную кривизну, в то время как стеклянная линза исправляется путем более плоской шлифовки по направлению к краю. Этот дефект частично исправляется роговицей, которая имеет эллипсоидную поверхность, и частично большей плотностью центральной части хрусталика. Тем не менее, при взгляде на близкий объект глазу по—прежнему необходимо быть “остановленным” радужной оболочкой, хотя в глаз попадает меньше света, чем когда он направлен к горизонту - условие, которое заставило бы фотографа открыть свою ирисовую диафрагму.



Из всех недостатков глаза, которые ум игнорирует, наиболее примечательным является разрыв в поле зрения из-за разрыва в чувствительных слоях сетчатки, который возникает там, где в него входит зрительный нерв, — слепое пятно. Держите эту страницу книги на расстоянии 10 дюймов от лица, сохраняя линии печати горизонтальными. Закройте левый глаз и посмотрите на Х правым глазом. Черный диск исчезает, потому что его изображение сфокусировано на слепом пятне. Поскольку изображение на сетчатке перевернуто, ясно, что зрительный нерв входит в земной шар с внутренней стороны и немного выше его горизонтального меридиана. Но, если мы не используем необычный тест, мы совершенно не осознаем тот факт, что в картине пробита

определенная дыра. Разум заполняет его, и способ, которым он это делает, чрезвычайно наводит на размышления. Он лжет об этом — совершенно бесхитростно, если уверен в достоверности, и более тонко, если простая ложь, скорее всего, будет оспорена. На месте черного диска сделайте девять заметных крестов:

```
X X X
X X X
X X X
```

Держите бумагу в таком положении, чтобы *Крестик* приходился на слепую зону. Она должна исчезнуть, но разум уверяет вас, что в этом месте есть крест. Разум завершает поле. Вместо крестиков используйте крестики-нолики, таким образом:

```
O X O
X X X
O X O
```

Теперь пусть *X* упадет на слепую зону и позволит глазу немного расфокусироваться. Четыре крайних крестика направлены внутрь:

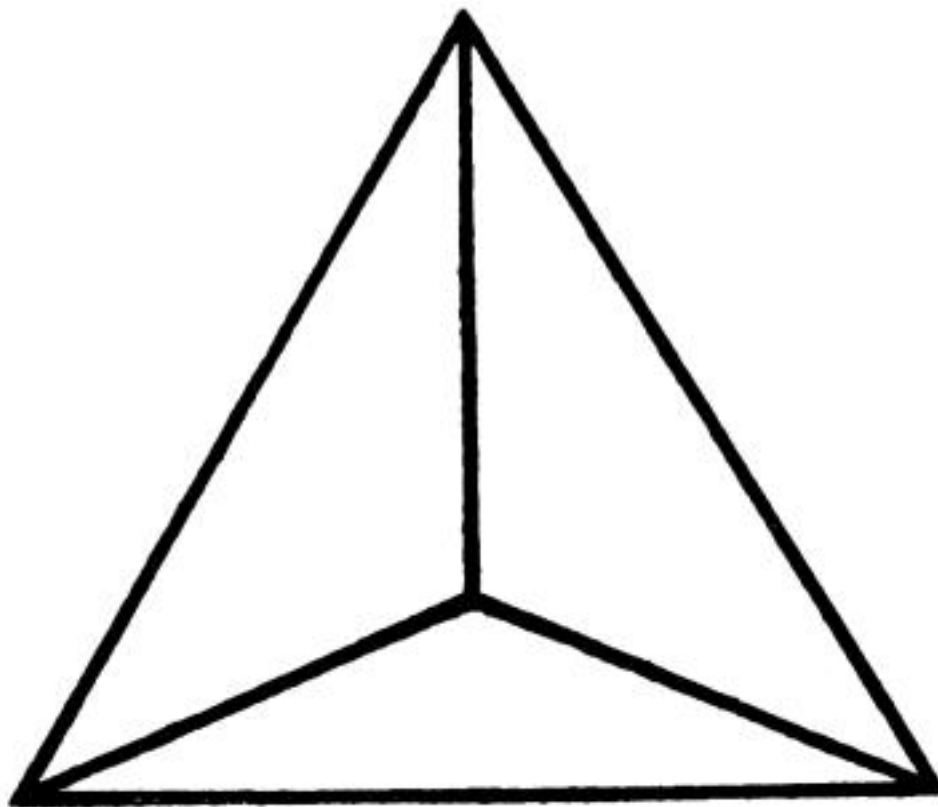
```
O   O
  X
X X
  X
O   O
```

Разум сжимает поле. Все еще отрицая разрыв, но не имея достаточных данных, на основе которых можно было бы изобрести объект, мошенническая природа которого не была бы обнаружена в тот момент, когда взгляд перемещается, разум лжет относительно положения на бумаге, занимаемого окружающими объектами.

Справедливо ли по отношению к разуму говорить, что он лжет о слепом пятне? Разум судит об ощущениях в свете опыта. Ассоциация предыдущих ощущений подсказывает мне, что в стене комнаты нет круглого отверстия диаметром в фут, открывающегося во внешнюю темноту. Мне очень нравится тот факт, что рисунки на обоях сменяют друг друга с неизменной регулярностью. Фиксируя свой взгляд на одном из них, я никаким усилием внимания не могу стереть рисунок, который случайно сфокусирован на слепом пятне. Я знаю, что увижу его в тот момент, когда пошевелю глазом. Если я позволю своему взгляду блуждать до тех пор, пока лицо моей жены не попадет в слепое пятно, его изображение исчезнет. Я знаю его очертания гораздо лучше, чем

рисунок на обоях, но я не могу вписать его в картину. Видны ее руки и работа, лежащая у нее на коленях, но таинственным образом фон сливается там, где должно быть лицо. Мой разум отказывается выносить ложное суждение; но он также отказывается видеть, что существует разрыв.

Это чрезвычайно поучительное наблюдение учит относительности ощущений. Оно показывает, что ощущение не имеет объективной ценности до тех пор, пока разум не вынесет о нем суждение. Значение этого мы выражаем образным языком, поскольку никакой другой нам не доступен. Мы говорим о новом ощущении как о сравнении с ранее полученными ощущениями, взятых в картинную галерею ума и помещенных на надлежащее место среди бесконечно многочисленных записей, которые там хранятся. Если мы попытаемся ближе подойти к соотносению физической активности с психической, мы скажем, что ощущение не имеет никакой ценности, кроме той, которую оно приобретает из своего временного отношения к последовательности ощущений, на которую направлено внимание, и что это значение зависит от отношения, которым подобные ощущения обладали в предыдущих последовательностях. В бинокулярном зрении нет просвета. Объект, сфокусированный на внутренней (носовой) стороне правого глаза, где находится слепое пятно, фокусируется на внешней (височной) стороне левого глаза. Левый глаз видит объект, к которому слеп правый. Поскольку в прошлом мы почти всегда пользовались двумя глазами, опыт учит, что разрыва в поле зрения нет. Следовательно, новая группа ощущений, которая утверждает, что существует пробел, должна быть исправлена. Поле должно быть заполнено способом, который, как показывает опыт, наиболее вероятен. Сетчатка представляет собой слой палочек и колбочек, каждая из которых имеет нервную связь с собственным мозгом. Поле сетчатки связано с полем мозга. Но это не означает, что мы можем думать о разуме как о том, что пространственное распределение на А или кнопке В в сетчатке вызывает звон колокольчика А или колокольчика В в мозге, но из этого не следует, что восприятие А или восприятие В будет слышно в уме. Это будет услышано, если это ассоциация, установленная обычаем, поскольку разум является продуктом опыта. Но новое ощущение создает прецедент, а также по нему судят.



Точка А на правой сетчатке ассоциируется на опыте с точкой *a* на левой, а точка В - с *b*. Они называются *соответствующими точками*, потому что они аналогичным образом стимулируются при бинокулярном зрении. Таким образом, разум считает, что он получает одну и ту же информацию от каждой пары соответствующих точек. Положение соответствующих точек будет понятно, если представить, что правая сетчатка находится внутри левой, при этом необходимо принять меры предосторожности, чтобы желтые пятна совпали, и избежать перекручивания чашечек сетчатки при извлечении их из глазных яблок. Большое внимание уделяется поддержанию соответствия точек во время различных движений двух глазных яблок. В дополнение к четырем прямым мышцам, которые двигают глазное яблоко вверх, вниз, вправо и влево, две косые мышцы обеспечивают ему необходимое вращение. Мы научились придавать одинаковое значение импульсам из двух соответствующих точек. Но при изменившихся условиях соответствие меняется. Когда косоглазие развивается в детстве, оно развивается по одному из двух путей; либо наклон одного из глазных яблок увеличивается до тех пор, пока оно не будет смотреть в сторону носа, и его изображения перестают мешать изображениям в доминирующем глазу — разум игнорирует их, — либо устанавливается новое соответствие между точками в наклонном глазу и точками в глазу, который смотрит прямо вперед. Если мы будем строго критичны, то, изучая форму глазного яблока, обнаружим, что невозможно, чтобы одни и те же палочки и колбочки занимали соответствующие точки в разных положениях фокусировки и с разной степенью сближения глазных яблок. Чтобы это было возможно, чашечки сетчатки должны были бы изменить форму. Но опять же механическое соответствие не имеет большого значения. В свете опыта разум судит, что точки соответствуют. Когда мы смотрим на плоскую поверхность, ум судит, что соответствующие точки дают ему аналогичную

информацию. Он не видит цветов на обоях в два раза ярче или в два раза краснее двумя глазами, чем одним. Если глаза нормальные, то впечатление, получаемое через них двоих, в точности совпадает с впечатлением, получаемым через любое из них по отдельности. Но когда мы смотрим на твердые объекты, изображение на одной сетчатке не совпадает с изображением на другой. Один глаз видит дальше вокруг объекта с одной стороны, другой - с другой; и именно это несоответствие изображений, подкрепляемое ощущением, что глаза сходятся, создает впечатление целостности. С другой стороны, совпадения точек само по себе не обязательно достаточно, чтобы убедить разум в том, что картинки, представляемые двумя глазами, идентичны. Когда на плоский треугольник, подобный этому, смотрят двумя глазами, его черные линии падают на соответствующие точки; но фигура ассоциируется в уме с другими ощущениями — ощущениями движения и прикосновения. Несмотря на идентичность изображений на сетчатке, разум пытается воспринимать их как несопоставимые. Рисунок раздражает глаза. В один момент точка пересечения трех центральных линий выступает вперед, в следующий она отступает. То, что сходство изображений на сетчатке чего-то стоит, можно показать, закрыв один глаз. Неопределенность формы фигуры становится еще более проблематичной. Она еще быстрее меняется от выпуклой к вогнутой. Когда кажется, что точка находится перед страницей, аккомодация глаз настраивается на близость; когда за страницей - на большее расстояние. Но иллюзия того, что объект занимает три измерения, не зависит от ощущения сокращения цилиарной мышцы. Когда бумагу подносят к глазу, ее центр отступает; ее оставляют до тех пор, пока цилиарная мышца не успеет сократиться. Когда его отводят от глаза, он выступает до тех пор, пока цилиарная мышца не успеет расслабиться. Аккомодация следует за суждением, не за суждением об аккомодации. Разум крайне подозрительно относится к правдивости своих газетных киосков. Несопоставимость изображений, сближение глазных яблок, смещение аккомодации для различных уровней расположения объекта в пространстве должны быть неоспоримыми доказательствами твердости или пустоты. И наоборот, отсутствие любого из факторов должно быть убедительным доказательством плоскостности. Но разум не доверяет изолированным ощущениям; он ищет ассоциации ощущений. Когда палец намекает: "Я мог бы дотронуться до этого острого конца", глазу бесполезно утверждать, что там нет точки, к которой можно прикоснуться.

Если две совершенно одинаковые фотографии поместить в стереоскоп, то тот факт, что глаза не сходятся, придает общему изображению видимость глубины, несмотря на то, что стимулируются соответствующие точки на двух сетчатках. Если две фотографии были сделаны, как и должно быть сделано для этой цели, двойной камерой, несоответствие изображений на сетчатке значительно усиливает впечатление целостности.

Невозможно преувеличить зависимость ощущения от **суждения**. При рождении ребенок начинает длительный процесс воспитания, который позволяет ему ассоциировать ощущения, получаемые от изображений на сетчатке, с движениями, которые приводят его в контакт с предметами. Он обнаруживает, что, когда необходимо свести глаза, объект находится под рукой. Он также связывает произвольное действие по сокращению своей цилиарной мышцы с близостью. Неконвергентные и непривычные глаза означают расстояние. То же самое относится к нечеткости из-за поглощения атмосферой, голубизне по той же причине, мелкому изображению на сетчатке. Но существуют очевидные пределы его способности определять расстояние до объекта и, следовательно, наоборот, его способности оценивать размер. Мы понятия не имеем о размере изображения солнца на сетчатке. Очень немногие люди готовы поверить, что угол, под которым солнце поворачивается к глазу, едва превышает половину



градуса. (Указательный палец, если смотреть в профиль, на расстоянии вытянутой руки, охватывает один градус дуги.) Бумажный диск нужного размера, помещенный на нужном расстоянии, выглядит слишком маленьким для изображения солнца. В нашем сознании самый яркий из шаров кажется больше этого. Каждый, кто впервые смотрит на солнце через хорошо закопченное стекло или, лучше, через плоский сосуд, наполненный чернилами и водой, поражен, что оно кажется таким маленьким. Мы также не готовы принять свидетельство камеры о том, что солнце в зените не создает на сетчатке меньшего изображения, чем солнце, поднимающееся над горизонтом. Однако если выставить фотопластинку на восходящее солнце и снова, не меняя фокуса, на солнце в зените, то два изображения будут практически равны. Существует небольшая разница из-за большего преломления лучей, проходящих по касательной через атмосферу, но она настолько незначительна, что не имеет никакого отношения к разнице между нашими двумя оценками размера. Когда солнце встает из-за деревьев и домов, мы сравниваем его с объектами, которые, как мы знаем, большие и далекие; и все же оно выглядит почти таким же большим, когда поднимается из моря. Одной из причин иллюзии является наша убежденность в том, что небо плоское; и это, опять же, частично связано с его более бледным оттенком — менее существенной голубишной — ближе к горизонту, а частично с нашим впечатлением, что оно раскинулось над плоской землей. Когда солнце находится в том, что мы считаем более удаленной частью небесного свода, мы считаем, что оно дальше от нас и, следовательно, больше, чем когда оно находится над нами. И все же последнее слово еще не сказано в объяснении феномена, который изучается человечеством с самого зарождения науки. Гельмгольц объяснил кажущееся большее расстояние и, как следствие, больший размер солнца и Луны, когда они находятся вблизи горизонта, нечеткостью их дисков. Когда его изображение настолько отражается от зенита, что кажется, будто луна находится над горизонтом, оно, по его словам, не увеличивается в размерах. В ответ на объяснение Гельмгольца можно возразить, что, когда в полночь он спустил полную луну с зенита, он не принес с собой условий освещения и цвета, которыми она обычно окружена, когда парит над горизонтом. Если, наблюдая за луной, которая только что взошла из моря, огромного диаметра, кто-то вставляет между ней и глазом лист бумаги, в котором проделано небольшое отверстие, и смотрит на луну одним глазом через это отверстие, она мгновенно уменьшается до того размера, который кажется у нее в зените. Нет необходимости даже полностью скрывать его световой след на море. В то же время кажется, что он отступает на большое расстояние. Это показывает, насколько сложны ассоциации, на которых основаны суждения о размере и расстоянии, и в какой малой степени они определяются размером изображения на сетчатке. Это наблюдение наиболее удивительно, если оно сделано через одну или две ночи после полнолуния, когда сумерки уже сгущаются при восходе луны.

Наша оценка расстояния до объекта на горизонте основана на времени и усилиях, которые, как подсказывает нам опыт, нам потребуется затратить, чтобы добраться до него. Непроверенный кажется короче, чем опробованный. Любой, кто сравнит свое ощущение количества ярдов, на которые ему пришлось бы взобраться по шесту, достигающему зенита, с ощущением количества шагов, которые ему нужно было бы сделать, чтобы достичь горизонта, поймет, что горизонт кажется ему более далеким.

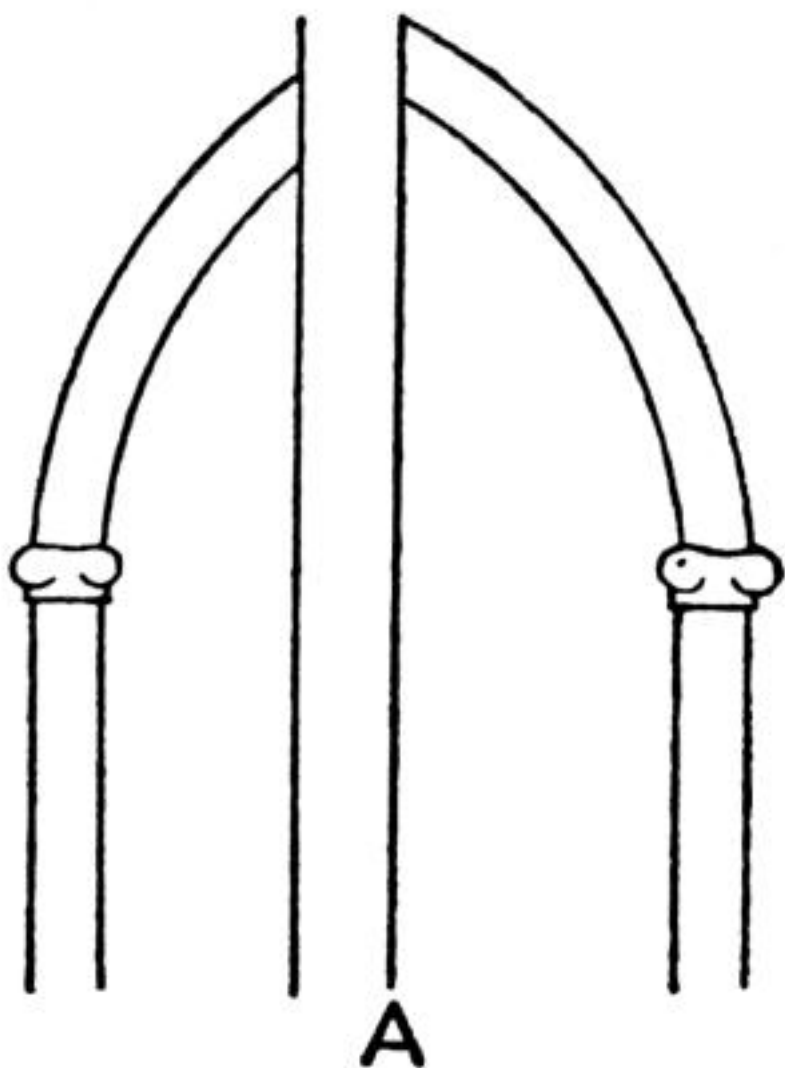


Рис. 36. Симметричная арка, разделенная вертикальной линией А, которая проходит через ее Вершину.

Изображая твердый объект, художник передает идею о том, что свет падает на него косо. Таким образом, одна сторона объекта освещена сильнее, чем другая. Глубиной и градацией оттенка он указывает на то, до какой степени вещь выступает вперед, если она цельная, или опускается назад, если полая. Он делает края шара размытыми в расчете на то, что зритель будет смотреть на ближайшее к нему место — уловка, на которую он легко может нажать слишком сильно, поскольку глаза беспокойно блуждают по плоской поверхности. Представляя расстояние, он зависит от придания различным объектам на своем изображении размеров, эквивалентных размерам их изображений на сетчатке, делая их ярче или бледнее и более или менее отчетливыми. И все же он не может надеяться симитировать убедительное свидетельство расстояния, которое дает наше ощущение степени сближения наших глаз. Следовательно, как указывал Фрэнсис Бэкон, картинка кажется более реальной, когда закрыт один глаз, чем когда открыты оба. Ее среднее расстояние сразу уменьшается.

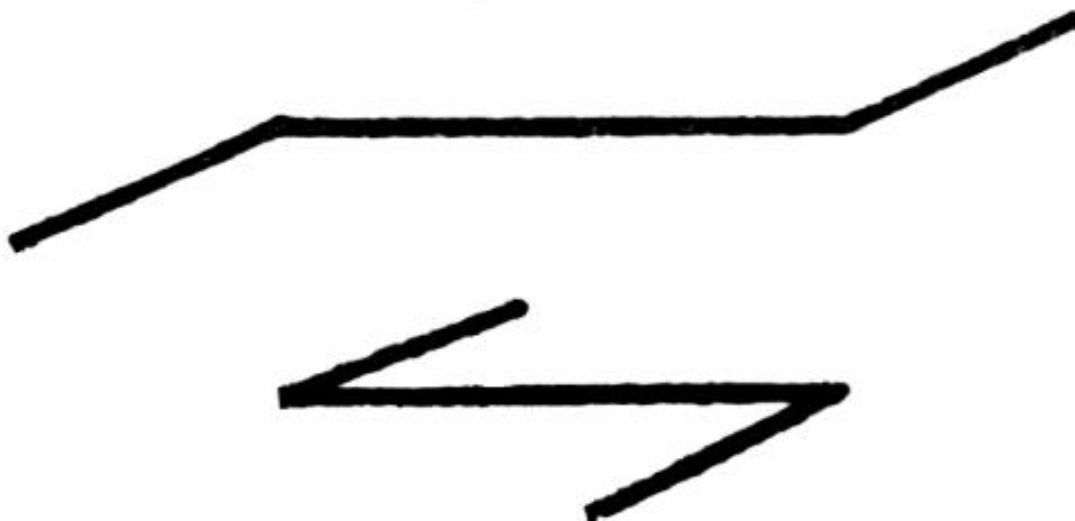
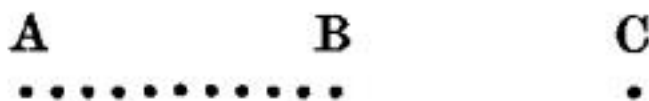


Рис. 37. Две горизонтальные линии равной длины — Одна с расходящимися, Другая со сходящимися концевыми линиями.

Можно привести бесчисленное множество иллюстраций ошибок чувственного суждения, но ни одна из них не является более поразительной, чем различные фигуры, которые могут быть нарисованы сходящимися или расходящимися линиями. Разум недооценивает острые и переоценивает тупые углы. Невозможно убедить себя в том, что на [рис. 36](#) линия А делит пополам симметричную арку. Столь же трудно поверить, что на [рис. 37](#) линия с расходящимися концевыми сегментами и линия со сходящимися концевыми сегментами имеют точно одинаковую длину. В музее Раскина в Шеффилде есть эскиз мастера фасада церкви, на котором изображена вертикальная башня с одной стороны треугольного фронтона, или, скорее, это то, что должен был показать эскиз, и он показывает, когда измеряется на столе архитектора. Фактически кажется, что башня наклонена к фронтому. Ошибки суждения такого типа объясняются искривлением линий прямолинейного изображения на сетчатке, когда разум оценивает расстояние между двумя точками по длине хорды, а не по длине соединяющей их дуги. Это очень просто проиллюстрировано на примере явно большей длины заполненного пространства, чем свободного.



А В выглядит длиннее, чем В С. Если А В С представить в виде изогнутой линии, то дуга А В, конечно, будет длиннее хорды В С. Но небезопасно предполагать, что разум сравнивает длину дуги с длиной хорды. Суждение основано на опыте, и, вероятно, иллюзия возникает из-за более тонких причин, чем искривление сетчатки. Разум не смотрит на сетчатку. Если бы это было так, он счел бы перевернутую картинку наименьшей из неточностей, которые ему предстояло исправить. Например, было бы очень трудно наложить в свой стереоскоп фотографии

вертикальной башни, сделанные одновременно правым и левым глазом. Изогнутые изображения вертикальных линий, определяющих углы башни, на сетчатке, видимые одним глазом, не могли быть приведены в соответствие с изображениями, сфокусированными другим глазом. Греки почувствовали это, когда определились с формой колонны. Канон набухающего энтасиса и увеличивающегося сужения над ним не разрушил видимость равномерной толщины, которую представлял древко. Это дало глазу лишь небольшую помощь, которая ему необходима, чтобы он мог представить стержень одинаковой толщины от основания до капительницы.

---

## ГЛАВА XIV СЛУШАНИЕ

Ухо, как и глаз, регистрирует амплитуду вибрации; громкость. Оно также регистрирует частоту вибрации, музыкальную высоту, которая соответствует цвету. Но у него, по-видимому, более сложная задача, чем у глаза, поскольку он должен анализировать или, во всяком случае, передавать информацию о форме сложных колебаний. Значения этих различий можно проиллюстрировать ссылкой на трассировку на цилиндре фонографа. Игла, прикрепленная к задней поверхности тонкой металлической пластинки, о которую говорят, царапает поверхность вращающегося цилиндра из затвердевшего воска. При рассмотрении через линзу видно, что запись представляет собой нерегулярно меняющуюся линию. Глубина отметок является мерой громкости. Их изменяющееся количество в данный момент времени указывает на изменение высоты голоса, который их произвел. Их форма отражает качество его тона. Работу уха, поскольку она заключается в оценке амплитуды и скорости пульсаций звука, легко описать, но акустика формы сложна.

Свет передается в виде колебаний эфира. Они поперечны направлению, в котором распространяется свет. Звук не может распространяться в вакууме, поскольку он зависит от смещения материальных частиц. Частицы движутся вперед и назад в направлении распространения звука. Звук - это последовательность пульсаций, попеременных уплотнений и разрежения проводящих его сред. Их частицы сначала прижимаются друг к другу, а затем отскакивают на более отдаленные друг от друга позиции. Последовательность движений взад-вперед, каждое из которых плавно продолжается на протяжении всей длительности пульсации, создала бы чистый музыкальный тон. Камертоны, аккуратно изогнутые, через несколько секунд приходят в состояние непрерывных колебаний, которые передают воздуху плавные движения чистых тонов. Такие тона различаются только громкостью и высотой тона. Если их пульсации медленные, мы называем высоту звука “низкой”; если они быстрые, мы говорим, что их высота звука высокая. Но если звук, производимый камертонами (и низкотонными остановленными органами трубами), исключить из списка, никакие чистые тона не достигнут наших ушей. Ноты флейты, скрипки, труб, фортепиано обладают определенной “качественной” характеристикой инструмента. Даже у скрипки струна G не имеет того же тембра, что и струна Ре. Благодаря эластичности веществ, из которых возникает звук, и веществ, передающих его, его пульсации не являются простыми перемещениями туда-сюда, непрерывными от начала до конца. Каждая

пульсация частично прерывается с определенными интервалами; и качество звука зависит от количества и относительной выраженности этих частичных прерываний. Звук распространяется по воздуху со скоростью 1100 футов в секунду. Эта цифра, деленная на количество колебаний тона в секунду, дает длину волны в эфире тона этой конкретной высоты. Например, частота колебаний среднего С равна 256. Таким образом, длина его волны составляет чуть более 4 футов. Самый низкий тон органа имеет длину волны 37 футов; самый высокий - 3½ дюйма. Однако эти цифры не дают никакой информации о движении частиц, которые передают звук. Когда воздух передает ноту — скажем, середину С — его отдельные молекулы не перемещаются на расстояние 4 футов. Каждая молекула перемещается лишь на небольшое расстояние, изменяющееся в зависимости от громкости звука; но "волна" скопления проходит прямо вперед от фортепианной струны к уху, молекулы в конце каждой ступени в 4 фута совершают обратное движение, так что скопление, насколько это касается молекул этого конкретного участка, возвращается к своей исходной точке. Между струной пианино и ухом происходит сжатие и движение вперед на 0, 4, 8, 12 футах... ноги; растягивание и движение назад на 2, 6, 10, 14 футах ... Ножки. Большинство иллюстраций, призванных помочь уму сформировать определенную картину передачи звука, могут быть неверно истолкованы, поскольку они преобразуют прямолинейные движения в волны. Они представляют собой движения струны, а не движения молекул воздуха между струной и ухом; но с помощью воображения можно представить положение частиц на этом пути. Мы предположим, что импульс только что достиг предела в 12 футов. На полпути от своего 8-футового места остановки молекулы снова сгущаются, хотя и не так плотно. На расстоянии одной трети расстояния от той же точки снова появляется тенденция к скоплению людей. Эта последняя точка отмечает интервал в одну треть этой волны *плюс* волна, которая привела к ней. В конце девятого фута наблюдается скопление, хотя и менее выраженное — эта волна *плюс* две предыдущие волны, разделенные на четверти. В пределах этих интервалов находятся другие точки, в которых молекулы сомкнулись друг с другом, причем расстояния от узловой точки зависят от количества задействованных волн и, вообще говоря, становятся менее заметными по мере увеличения их числа. Таковы очень сложные пульсирующие движения, которые достигают уха.

Каждый музыкальный звук, производимый фортепиано, скрипкой или другим инструментом, состоит из основного тона и обертонов, полутонов или гармоник. В следующей таблице показаны наиболее важные парциальные тона, которые сопровождают основной тон при ударе средней До на фортепиано:

| Примечание. | Количество<br>вибраций. |   | Интервал.    | Соотношение<br>.       | Количество<br>обертонов. |
|-------------|-------------------------|---|--------------|------------------------|--------------------------|
| C"          | 2,048                   | } | суперсекунда | 8/7                    | 7-я                      |
|             | B" ♭                    |   |              |                        |                          |
| 6-я         |                         |   | 1,792        | суб-минорная<br>терция | 7/6                      |
|             | G"                      | } | 1,536        |                        |                          |

| Примечание. | Количество<br>вибраций. |   | Интервал.                     | Соотношение<br>. | Количество<br>обертонов. |
|-------------|-------------------------|---|-------------------------------|------------------|--------------------------|
| 5-я         |                         |   | малая терция                  | 6/5              |                          |
| E"          | 1,280                   | } | 5/4                           |                  | 4-я                      |
|             | большая<br>терция       |   |                               |                  |                          |
| 3-я         | C"                      | } | 1,024<br>терция Четвер<br>тый | 4/3              |                          |
|             |                         |   |                               |                  |                          |
| G'          | 768                     | } | Пятый                         | 3/2              | 2-й                      |
|             |                         |   |                               |                  |                          |
| C'          | 512                     | } | Октава                        | 2/1              | 1-й                      |
| C           | 256                     |   |                               |                  |                          |
|             |                         |   |                               |                  | <b>Основная</b>          |

Качество музыкальной ноты зависит от количества и относительной громкости ее обертонов. Когда несколько нот звучат одновременно, они сливаются в аккорд или гармонию при условии, что интервалы, разделяющие их, равны интервалам, разделяющим более простые обертоны. Каждая из нот дает обертоны. Тона сливаются в гармонию. Их отдельные части находятся в унисоне. Колебания давления воздуха в составном тоне строго периодичны. Если соотношения частот составляющих его нот просты, то получается богатый, насыщенный звук, такой как обычный аккорд.

По крайней мере, еще один характер звуковых пульсаций необходимо принимать во внимание, если мы хотим представить природу силы, на которую реагирует ухо. Тона, которые доносятся до него из нескольких инструментов одновременно, не обязательно находятся в унисоне или даже в гармонии. Обертоны отдельной ноты, звучащей на фортепиано или скрипке — это утверждение не относится ни к колокольчикам, ни к флейтам или рожкам в строгом смысле этого слова, — обязательно должны находиться в простом пропорциональном отношении к их основному тону. Они разделяют великую пульсацию на доли “без остатка”. Но вибрации двух камертонов, которые слегка не в унисон, интерферируют друг с другом через равные промежутки времени. Они производят “удары”. Всем знаком тот любопытный эффект, который создается на глаз, когда один ряд перил виден сквозь другой или одно пространство проволочной сетки за другим. Наборы линий, которые занимают почти одинаковые положения в поле зрения, объединяются, образуя большой узор, который перекрывает меньший узор рельсов или сетки. То же самое происходит со звуками, которые совпадают через значительные промежутки времени, хотя в случае со звуками помехи столь же заметны, как и подкрепление.

Если во время пения камертона, производящего 101 вибрацию в секунду, включается другая из 100 вибраций, вибрации второй вилки накладываются на вибрации первой. В определенный момент поступательное движение молекул воздуха, вызванное первой вилкой, усиливается толчком вперед от второй. Но через полсекунды после этого совпадения фаз получается противоположный результат — прошло  $50\frac{1}{2}$  колебаний № 1, но только 50 колебаний № 2. № 2 движется назад (внутрь), в то время как № 1 движется вперед (наружу). Одни и те же молекулы движутся назад с помощью № 2 и вперед с помощью № 1. Результатом является пауза. Сложный звук, производимый двумя вилками, достигает уха в виде пульсаций. Если бы вилки вибрировали со скоростью 101 и 99, было бы две паузы и два удара в секунду; если со скоростью 202 и 198, то четыре. Количество ударов в секунду равно разнице в частоте вибрации тонов. Настройщик фортепиано лучше всего справляется со своей работой, если у него есть музыкальный слух, но он может компетентно выполнять свои обязанности и без него. Взяв ноту, он произносит ее октаву, удерживая обе клавиши нажатыми, и прислушивается к ритму. Если первая нота не дала такта его камертону, то вторая наступает вовремя, когда она также не дает такта первой. Мы встречали настройщика, который делал свою работу таким образом; но следует признать, что его темперирование интервалов октавы, с которой он начал, и, следовательно, других октав выше и ниже нее, оставляло желать лучшего. Результат мог бы быть удовлетворительным, если бы у него было двенадцать камертонов.

Вопрос о том, сливаются ли ритмы, когда они достаточно быстрые, в тон, много обсуждался, но решения так и не было принято. Вероятно, они этого не делают. Дополнительный вопрос о причине диссонанса также не закрыт полностью. Как мы видели, две ноты гармонизируются, когда соотношение их частот составляет простую дробь. Музыканты не совсем согласны относительно уровня сложности чисел, при котором сложный тон сначала вызывает чувство дискомфорта. Многое зависит от его положения в гамме и инструментов, которые используются для его создания. Малая терция ( $\frac{6}{5}$ ) - на всякий случай. Это первый аккорд в нашем списке интервалов, в которых можно обнаружить такт. Однако медленные ритмы нас не расстраивают. Именно быстрые ритмы конфликтующих обертонов придают сложной ноте резкий, шероховатый характер. Уровень, на котором проводится грань между гармонией и диссонансом, по-видимому, в значительной степени зависит от музыкального образования, если использовать этот термин в самом широком смысле. В примитивной музыке — венгерской, шотландской, валлийской — преобладают сложные минорные аккорды. Мелкое деление октавы в индийской музыке совершенно непонятно европейскому уху. Музыкальное совершенствование имеет тенденцию устранять сложные фракции. Однако следует отметить, что история западной музыки также демонстрирует влияние противоположной тенденции. Более поздние поколения признали гармонией сочетания, которые более ранние поколения не могли вынести.

Высота звука, качество, гармония и диссонанс различаются человеческим ухом. Это атрибуты музыкальных или периодических звуков. В отдельный класс должны быть включены шумы всех видов, называемые в акустике “аперiodическими”, поскольку вибрации, вызывающие их, не являются ритмичными. Зубья полицейской погребушки могут щелкать сто раз в секунду, но это не создает музыки. Даже при большей частоте прерываний (не менее 500 раз в секунду) последовательность шумов не сливается в плавный, непрерывный звук. Ухо распознает громкость, продолжительность и даже очень высокую частоту повторения немusических звуков.

Ухо как орган чувств можно проследить по зоологической шкале вплоть до медузы. В своей примитивной форме это камера, выстланная эпителиальными клетками, несущими волоски, содержащая отолит, или ушной камень. Отолиты представляют собой округлые известковые массы, которые играют важную роль в ушах всех животных вплоть до рыб. Даже у человека они встречаются в более подразделенной форме отоконий. Контакт отолитов с чувствительными волосками вызывает импульсы в нервах, которыми в изобилии снабжены примитивные уши. Мы намеренно используем слово “ухо” вместо “орган слуха”. У всех животных этот орган предоставляет информацию двойного характера - о движении внешней среды, в которой живет животное, и о движениях животного в этой среде. Когда животное движется, его чувствительные волоски смещаются относительно отолита; когда вода, в которой оно плавает, пульсирует, его отолиты сотрясаются относительно чувствительных волосков. Перемещения животного и волнение воды производят аналогичные эффекты. Ухо на этой стадии является органом осязания. Вполне может возникнуть вопрос, наделено ли животное, оснащенное частью сенсорного аппарата такого рода, чувством, которое мы можем правильно, поразмыслив над нашими собственными ощущениями, назвать “слухом”. Однако утверждается, что некоторые прозрачные ракообразные, у которых за функционированием органов слуха можно наблюдать через линзу, имеют в этих органах волоски различной длины, которые вибрируют с разной частотой. Помимо этого наблюдения, можно усомниться в том, слышат ли рыбы, если мы подразумеваем под словом “слух” распознавание тонов высокой частоты - музыкальных тонов. Их уши в равной степени служат для того, чтобы сообщать им об изменениях положения головы и о волнении моря. Толчки, передаваемые через море, почти сродни более медленным звуковым колебаниям, если рыбаки Средиземноморья правомерны в своей практике бить деревянной колотушкой, которая лежит на сиденье лодки, когда они гребут взад-вперед перед изогнутой сетью. Они верят, что рыбу пугает шум; но не имеет большого значения, описываем ли мы рыбу как слышащую шум или как ощущающую удары хлопушки, разносящиеся по воде. К более быстрым колебаниям хлопушки рыбы, вероятно, нечувствительны. Улитка, которую мы имеем все основания рассматривать как орган, с помощью которого анализируется звук, у рыб отсутствует. Впервые он появляется у рептилий. Очевидно, что птицы способны различать музыкальные тона. Их улитки очень короткие и лишены “стержней Корти”. На мгновение это кажется удивительным, но следует помнить, что диапазон тонов, который различает любая птица, очень короток, как бы хорошо она ни оценивала ноты в пределах своего диапазона. У млекопитающих ухо четко разделено на три части, которым распределены три функции, выросшие из специализации осязания. (1) Полукружные каналы отвечают за чувство ориентации. (2) Утрикул и мешочек сотрясаются от шума — грохота поездов, грохота орудий, ударов диссонирующих музыкальных тонов. Мы не знаем, как классифицировать возмущения окружающей нас атмосферы и земли, на которой мы стоим, и не можем с какой-либо уверенностью указать на группы раздражителей, которые для нас заменили скрежет камней на пляже и удары волн о скалы. (3) Кортиев орган в улитке улитки различает и анализирует музыкальные звуки. К этим трем органам чувств, расположенным во внутреннем ухе, относятся определенные структуры.

Раковина, которая позволяет лошади или кошке улавливать звук и определять его источник, сама по себе является всего лишь украшением сбоку головы.



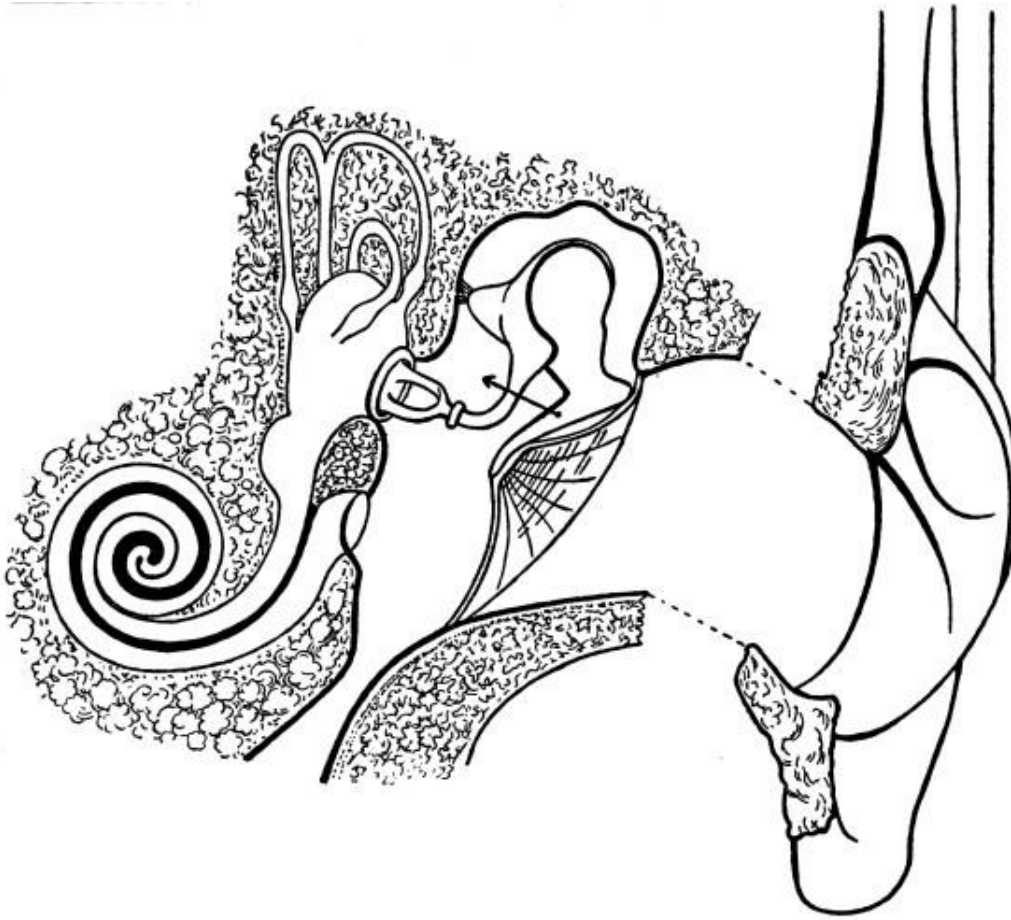


Рис. 38. Наружное, среднее и Внутреннее ухо с левой стороны.

Справа налево на рисунке показаны раковина и долька уха в профиль; наружный слуховой проход (сокращенно); барабанная перепонка, разделенная вертикально, видна ее задняя половина; кость-молоток с прикрепленным к барабанной перепонке кончиком своего длинного плеча, стрелка указывает точку прикрепления и линию действия тензорной барабанной мышцы; наковальня, прикрепленная связкой к костной стенке среднего уха; стремя, ножная пластинка которого почти заполняет овальное окно; лабиринт с тремя полукруглыми каналами над ним, и вестибуль скалы внизу. Изогнутая черная линия показывает положение средней челюсти, или улиткового протока (в котором находится кортиев орган). Звуковые пульсации, приводящие в движение барабанную перепонку, передаются тремя костями в овальное окно. Они сотрясают перилимфу, вызывая волны, которые проходят по вестибулярному аппарату к вершечке улитки, откуда возвращаются по барабанной полости к круглому окну (если они не проходят более коротким путем через улитковый проток). Евстахиева труба выходит из нижней части среднего уха.

Наружный проход представляет собой изогнутую трубку длиной около дюйма. Часто вход в него прикрывает пучок волос. Воск, выделяемый его стенками, служит для прикрепления частиц пыли и предотвращения попадания насекомых в трубку. Воздух на конце трубки имеет одинаковую температуру. Она закрыта барабанной перепонкой, или барабаном. Эта мембрана воспринимает звуковые колебания; и для того, чтобы она могла улавливать их с абсолютной беспристрастностью, она во всех отношениях противоположна по форме и структуре верхней

части барабана. Натянутый пергамент, которым покрыт барабан, плоский. Его натяжение равномерно во всех частях. Движения имеют наибольшую амплитуду в центре. Принимаются все меры предосторожности, чтобы гарантировать, что он издаст, как можно меньше путаницы, конкретную ноту, на которую он настроен. Барабанная перепонка по форме напоминает устье трубы, вдавленное в острие, но выпуклое от этой точки наружу. Ее эластичные волокна, которые частично радиальные, частично круглые, имеют различное натяжение. Его самая глубокая часть, к которой прикреплен длинный выступ кости-молоточка, не является его центром.

“Среднее ухо” представляет собой полость неправильной формы, сообщающуюся с глоткой евстахиевой трубой. Оно заполнено воздухом под тем же давлением, что и атмосфера. За исключением акта глотания, когда она сначала плотно закрывается, а затем открывается, глоточный конец евстахиевой трубы мягко закрывается. Когда человека быстро опускают в лифте вниз по стволу шахты, разница в давлении между наружным воздухом и воздухом в среднем ухе растягивает барабанную перепонку до такой степени, что возникает глухота к низким звукам. Разговор становится неслышимым. Глухоту устраняют проглатыванием слюны и, таким образом, открытием конца евстахиевой трубы. Самой распространенной причиной постоянной глухоты является воспаление, за которым следует утолщение слизистой оболочки нижнего конца евстахиевой трубы с последующим ее закрытием из-за частых болей в горле. Воздух в среднем ухе всасывается медленно. Его необходимо постоянно обновлять через евстахиеву трубу.

На внутренней стенке среднего уха расположены два небольших отверстия — овальное и круглое. Оба закрыты мембраной. В овальное окно вставлена подошва кости-стремени. Три кости - молоток, наковальня и стремя — объединяются, передавая движения барабанной перепонки в овальное окно. Они представляют собой шарнирный рычаг, который поворачивается вокруг оси, проходящей через связку наковальни (рис. 38), при этом амплитуда колебаний длинного плеча молотка уменьшается на одну треть у пластины-стремени. Поскольку овальное окно занимает всего одну двадцатую площади барабана, движения последнего передаются с сосредоточенной силой. Особо следует отметить два момента в механизме этих костей: (1) Головка молотка может свободно вращаться в полости наковальни, что контролируется шестеренкой. Каждое движение барабана внутрь точно передается овалному окну; но когда барабан перемещается наружу, молоток не обязательно уносит с собой наковальню. (2) Мышца—тензор барабанной перепонки — расположена около локтя длинной рукоятки молотка. При прослушивании высоких нот ее сокращение натягивает барабан, делая его более чувствительным к быстрым вибрациям. Он обладает тонизирующим действием, но не создает какого-либо особого сокращения для низких нот.

За двумя окнами, внутри твердой кости, находится внутреннее ухо, которое наши предки очень метко называли “лабиринтом”. Он заполнен жидкостью — перилимфой, — которая встряхивается при каждом движении стремени-пластины. Поскольку вода несжимаема, в перилимфе не могло бы возникнуть волн, если бы не было второго отверстия. Каждая вибрация, передаваемая пластиной-стремением после прохождения лабиринта, заканчивается вибрацией мембраны, которая закрывает круглое окно.

Нигде перилимфа не соприкасается со слуховыми клетками. Все окончания слухового нерва содержатся в перепончатом лабиринте, который находится внутри костных полостей. О том, каким образом волны перилимфы распределяются по поверхности этого закрытого мешка,

можно судить по схеме (рис. 38). Они огибают мочевой пузырь и мешочек, теряются в узких пространствах, окружающих полукружные каналы, избегают по вестибулям улитки. Направление волн, проходящих через улитку, представляет особый интерес в связи с физиологией слуха.

Улитка — раковина улитки - представляет собой спиральный туннель из трех витков в твердой кости длиной около дюйма. Полочка кости — *lamina spiralis* - выступает в туннель с его выпуклой стороны. От свободного края этой спиральной пластинки к внешней стенке туннеля тянутся две мембраны — одна твердая, содержащая прямые, жесткие и, вероятно, эластичные волокна, которые расходятся наружу (базиллярная мембрана); другая представляет собой чрезвычайно тонкую пленку соединительной ткани. Туннель, таким образом, разделен на три отсека, известные как вестибулярный, средний и барабанный. Средний отдел относится к перепончатому лабиринту. Волны, передаваемые через перилимфу, проходят, как мы уже объясняли, вверх по вестибулярному аппарату. На вершине улитки две чешуйки сообщаются; но отверстие маленькое, и маловероятно, что волны достигают нижнего прохода из верхнего через это отверстие. Они проходят через тонкую мембрану, покрывающую среднюю скалу, сотрясают ее эндолимфу и достигают нижнего прохода через базиллярную мембрану. Примечательно, что, поскольку круглое окно на нижнем конце барабанной перепонки является, за исключением овального окна, единственным отверстием костного лабиринта, все волны, проходящие через овальное окно, должны проходить часть пути или полностью вверх и вниз по улитке.

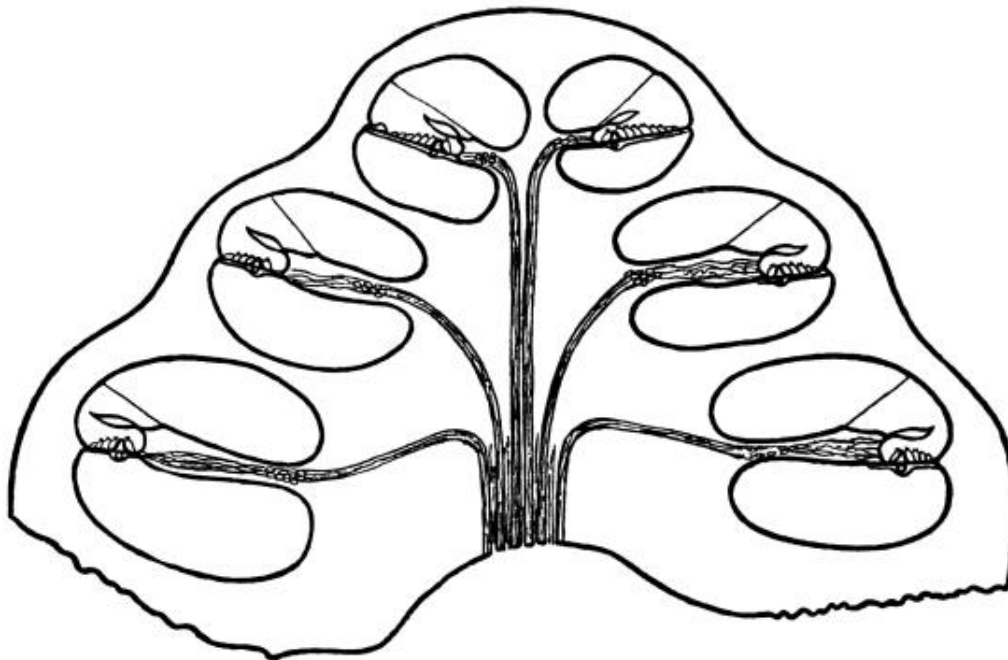


Рис. 39. Разрез, проходящий через Ось столбика улитки.

Спиральный лист нервных волокон, питающий кортиев орган, разрезан в восьми местах. Если проследить за пучком до самого нижнего витка раковины (в левой части диаграммы), то будет видно, что он содержит ганглиозные клетки там, где он входит в костную спиральную пластинку. Эта пластинка делит трубку на два канала — вестибулярный вверху и барабанный внизу. От края пластинки мембрана Корти тянется к внешней стенке. Над кортиевым органом находится

текторная мембрана, а над ней очень тонкая мембрана, которая отсекает улитковый проток от вестибулярной кости.

Кортиев орган расположен на базилярной мембране. Это эпителиальная структура чрезвычайной регулярности и однородности. Рядом с краем, с помощью которого базилярная мембрана прикрепляется к спиральной пластинке, находится двойной ряд стержней Корти, жестких столбиков, которые наклоняются один к другому, над туннелем Корти, при этом выпуклая головка внешнего стержня входит в вогнутость головки внутреннего; в некоторых местах один внешний стержень прилегает к двум внутренним стержням, поскольку последних, скорее, больше. На внутренней стороне внутреннего стержня в поперечных разрезах видна одиночная пухлая клетка, заполненная мутной протоплазмой и несущая на своей свободной поверхности пучок очень коротких волосков. На внешней стороне наружного стержня расположены три или четыре волосковые клетки, каждая с мутным наружным сегментом, содержащим ядро, зернистым средним сегментом и жесткой ножкой, которая прикрепляет ее к базилярной мембране. Между волосковыми клетками находятся поддерживающие клетки, более толстые снизу, сужающиеся сверху, содержащие в своем составе прочное волокно. Еще дальше к внешней стороне расположены эпителиальные клетки, не представляющие особого интереса. Назначение стержней Корти и поддерживающих клеток - обеспечивать прикрепление и поддержку сетчатой мембраны изысканной формы, через продолговатые отверстия которой волоски волосковых клеток выступают в эндолимфу. Спиральную пластинку пересекает огромное количество волокон слухового нерва, которые, теряя свои мозговые оболочки, проходят через кортиев туннель в виде обнаженных аксонов и заканчиваются среди волосковых клеток. Над органом Корти, прикрепленным своим краем к спиральной пластинке, находится толстая, студенистая, фибриллированная структура — текториальная мембрана, которая лежит в виде покрывала на поверхности органа. Предполагалось, что он служит для гашения колебаний волосков после того, как они были приведены в движение волнами, проходящими через *scala media*; но не исключено, что он играет более активную роль в слухе, чем это.

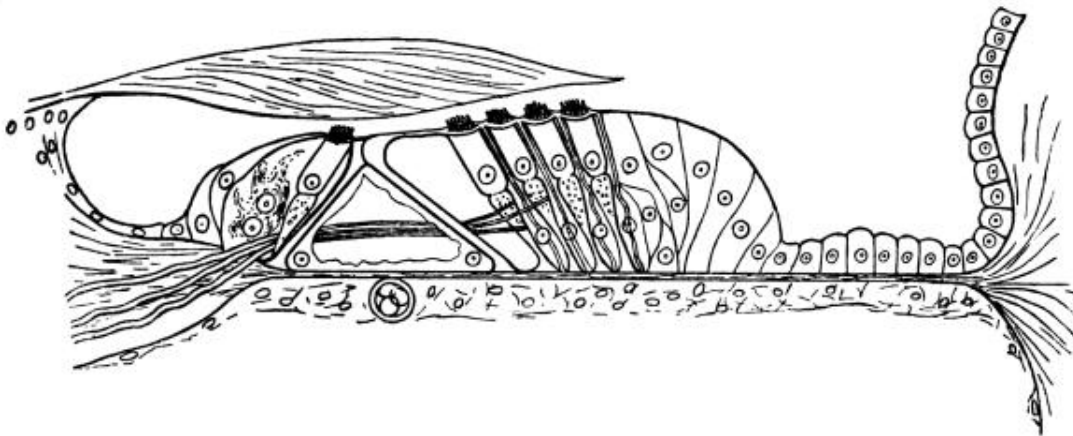


Рис. 40.—Орган Корти.

Спиральная пластинка, изображенная слева на рисунке, обеспечивает прикрепление к мембране Корти, которая тянется до противоположной стенки. Под мембраной находится кровеносный сосуд, который проходит по всей длине под туннелем Корти. Туннель образован столбами — внутренним слева, внешним справа, — которые сходятся над ним. Слева от

внутреннего столба находится волосковая клетка; слева от нее - нервная клетка с двумя ядрами. Справа от внешней стойки находится пространство; справа от этого четыре волосковые клетки чередуются с четырьмя поддерживающими клетками, которые поддерживают сетчатую мембрану через отверстия, в которых выступают пучки волосков. В спиральной пластинке видны три нервных волокна; они пересекают туннель и разветвляются между рядами наружных волосковых клеток. Текториальная пластинка покоится на пучках волосков.

Орган Корти, вне всякого сомнения, является аппаратом, который анализирует звуки; но проблема того, каким образом он реагирует на тона разной высоты или анализирует составные тона, еще даже приблизительно не решена. Чтобы избежать акустических трудностей, с которыми приходится сталкиваться любому, кто пытается изложить теорию улитки как части аналитического аппарата, были выдвинуты различные предположения относительно возможности действия *в массовом порядке*. Например, базилярную мембрану сравнивали с телефонной пластинкой, которая улавливает вибрации и передает их через слуховой нерв в мозг. Но если орган Корти является передатчиком, то в мозгу нет уха, которое анализировало бы вибрации, излучаемые принимающей телефонной пластиной; а без принимающей пластины и слушающего уха телефон бесполезен. Согласно этой гипотезе, базилярная мембрана вибрирует как единое целое, перемещая волосковые клетки по различным "образцам"; давление волосков на текториальную мембрану вызывает раздражение клеток, которые их несут, и, следовательно, вызывает стимуляцию различных групп нервов. Другие теории паттернов в чем-то схожи. Но очевидно, что все гипотезы о вибрации всей базилярной мембраны или больших ее частей одновременно возлагают на разум ответственность за считывание паттерна, который импульсы, генерируемые в кортиевом органе, создают в мозге. Вполне возможно, что каждая доля полутона, которую музыкант может различить, и каждая комбинация тонов, которую он может проанализировать, передаются в мозг большим количеством взаимодействующих нервных импульсов; но такая теория предполагает сложность ментальных ассоциаций, которые трудно представить.

Согласно общим принципам, изложенным в этой книге, анализ раздражителей является функцией органов чувств. Его нельзя во всех случаях сравнивать с анализом, проводимым в физической лаборатории; да в этом и нет необходимости; но он должен быть доведен до того, чтобы нервные импульсы, не обладающие никакими специфическими свойствами, помимо своего источника, вызвали эффекты в сознании, которые не имеют иной основы, чем топографическое распределение указанных импульсов в мозге. Могут существовать сенсорные импульсы разного порядка; в мозге могут существовать психофизические субстанции, которые по-разному реагируют на импульсы разного порядка; но пока у нас нет какого-либо намека на существование специфических импульсов и специфических психофизических субстанций, мы не вправе постулировать их существование просто для того, чтобы избежать физиологических затруднений.

Орган Корти в высшей степени похож на аппарат для анализа звука. Если базилярную мембрану с расположенными на ней клетками вырезать и уложить плашмя, то очень сильно наводит на мысль о каком-то инструменте. Это длинная узкая лента, самая узкая в нижней части спирали, увеличивающаяся примерно в два раза по ширине к вершине. Ее пересекают расходящиеся волокна, предположительно эластичные. Клетки, которые покоятся на нем, несут вибрирующие волоски и снабжены нервами. Стержни Корти поддерживают сетчатую мембрану, которая удерживает волосковые клетки на месте. Неудивительно, что, когда была впервые обнаружена

его структура, считалось, что проблема анализа музыкальных тонов решена. Если два пианино в идеальной настройке находятся в одной комнате, то при игре на одном звучат соответствующие струны другого. Любой, кто поет под фортепиано, в то время как педаль громкости поднимает амортизаторы, ощущает повышенную полноту своего голоса. Это знакомое явление резонанса. Почему волокна базилярной мембраны не должны резонировать с тонами, передаваемыми в ухо, — более короткие волокна у основания улитки отвечают высоким тонам, более длинные волокна на верхушке — низким тонам? Именно в таком порядке мы должны ожидать, что звуковые пульсации, поднимающиеся по вестибюлю лестницы, будут усиливаться — чем более быстрые ближе к ее началу, тем менее быстрые дальше по ней. Но объяснение физики отбора вибраций разной частоты различными наборами элементов, составляющих орган Корти, если такой отбор имеет место, еще предстоит найти. Во-первых, волокна базилярной мембраны чрезвычайно короткие. Что может сделать волокно длиной менее 0,5 мм при колебаниях 36-футовой трубы-органа? Даже если от этого возражения отказаться, как считают некоторые выдающиеся физики, между самым длинным и самым коротким волокнами нет достаточной разницы в длине, чтобы объяснить широкий диапазон тонов, который мы способны различать; также нет никаких доказательств того, что некоторые волокна растянуты сильнее, чем другие.

Еще одно соображение, которое побуждает физиологов рассматривать орган Корти (включая базилярную мембрану) как серию резонаторов, — это несколько примечательное соответствие между количеством отдельных частей аппарата, из которых он, по-видимому, состоит, и количеством различных музыкальных звуков, которые, если бы это была серия резонаторов, он мог бы различать.

Писк, издаваемый летучей мышью при каждом повороте в ее полете, имеет высоту около 11 000 колебаний на втором — шестом Е над средним С (Тиндалл). В группе людей, прислушивающихся к скрипу, обычно есть те, кто его не слышит. Выше этого диапазон слышимости очень различен. Внезапность перехода от совершенного слуха к полному отсутствию восприятия делает эксперименты с маленькими трубками или сиреной несколько забавными, когда одновременно тестируется несколько человек. Одни жалуются, что нота получается невыносимо громкой и пронзительной, в то время как другие утверждают, что вокруг царит совершенная тишина. Тридцать три тысячи колебаний обычно считаются верхним пределом для человеческого уха, но некоторые физиологи оценивают его в 40 000 или даже выше. Верхний предел не имеет большого значения, поскольку очень мало возможностей различать частоты выше самой высокой ноты, используемой в музыке, — остановки пикколо органа с высотой звука 4096. Возможно, что звук с более низкой частотой, чем 27 (контрафагот), может быть услышан как тон — 16, согласно некоторым авторам; но опять же, наша способность различать очень низкие ноты невелика. В определенном диапазоне опытный музыкант может сказать, что нота фальшива, когда она на одну шестьдесят четвертую полутона выше или ниже, чем должна быть. Если мы предположим, что, допуская одинаковую чувствительность для диапазона в семь октав, превышение допустимого значения над фактической чувствительностью к обоим концам этого диапазона компенсировало бы сравнительно небольшое количество различий, которые ухо может различить либо ниже, либо выше него, —  $64 \times 12 \times 7 = 5\,376$ . Гораздо более высокая оценка, основанная на наблюдениях, которые, по-видимому, показывают, что ухо может различать звуки с интервалом менее одной шестидесяти четвертых полутона, определяет общее число в 11 000.

Исходя из предположения, что одно устройство настроено так, чтобы резонировать с каждым различным звуком, потребуется от 5000 до 11000 устройств. Взяв одну из дуг Корти за центральную часть резонатора, хотя стержни, безусловно, не являются вибрирующими структурами, мы находим, что их число равно 3848 (количество внешних стержней); если аналитическим элементом является стержень с волосковой ячейкой или волосковые ячейки, то 9 438. Подсчет дает 3487 внутренних и 11 700 наружных волосковых клеток. Волокна базилярной мембраны оцениваются в 24 000; волокна улиткового нерва - в 14 000. Следует понимать, что подсчет таких мельчайших структур, как эти, дает результаты, которые не могут быть более чем приблизительными. Гельмгольц, предполагая, что каждая дуга Корти указывает на аналитический элемент, объяснил очевидный недостаток в их количестве, предположив, что тон, высота тона которого находится между двумя дугами, вызывает симпатическую вибрацию у обеих, причем дуга, ближайшая по высоте к тону, вибрирует сильнее. Таким образом, он предвосхитил возражение, которое часто выдвигалось против его теории длинного ряда резонаторов.

В противовес теории Гельмгольца указывается, что, когда скрипач проводит пальцем по смычковой струне, высота звука повышается совершенно плавно; она не скачет от резонатора к резонатору. Особенно в случае очень высоких тонов, издаваемых сиреной, настоятельно рекомендуется, чтобы в те редкие промежутки времени, с которыми резонатор в ухе настраивается на тон, издаваемый сиреной, он звучал намного громче, чем когда тон падает посередине между двумя резонаторами. Но весь вопрос о природе реакции аналитических элементов в настоящее время слишком неясен для обсуждения столь приятных моментов, как этот.

Многие, кто думает, что теория резонаторов Гельмгольца основана на принципах физики и физиологии, которые следует рассматривать как отправные точки любого объяснения анализа звуков ухом и разумом, считают, что она заходит слишком далеко в поиске отдельного резонатора для каждого различного тона. Улитка, как мы уже говорили, не предлагает ничего подобного столь обширному выбору, как этот, если принимать во внимание натяжение или длину ее элементов, а не их количество. Те, кто принимает как аксиому, что улитка содержит ряд реагирующих инструментов — но гораздо более ограниченных по диапазону, чем гамма нашего звукового восприятия, — стремятся обнаружить в музыкальных тонах качества, которые объединяют их в группы. Точно так же, как в случае цветовых ощущений они распознают четыре (или шесть) элементарных качества, которые возбуждают четыре (или шесть) частей реагирующего аппарата, так и в случае слуха они стремятся к ограниченному количеству тональных качеств и соответственно ограниченному количеству элементарных ощущений. Идеал тех, кто придерживается этой точки зрения, - октава качеств и элементарных ощущений, звучащих в середине гаммы, когда стимулируются  $x$  нервных окончаний, октавой выше, когда реагируют  $2x$  нервов, октавой ниже с  $x/2$ . Такая концепция, по-видимому, направляет мысль в обход непреодолимых барьеров. Однако существует риск придания слишком большого значения периодическим интервалам, поскольку они занимают такое важное место в музыке. По одну сторону разрыва, который звук создает между человеком и окружающей средой, находится упругое тело, сотрясающееся с любой возможной скоростью в пределах слышимости. По другую сторону разрыва находится ухо. Если бы, разложив несколько тысяч камней вдоль обочины в порядке их размера, я заявил, взяв в руки № 512: “Это фундаментальный камень, из которых № 1024 - октава”, - мне был бы дан ответ: “Возможно, больший камень можно было бы разбить на половинки, каждая из которых была бы такой же



тяжелой, как камень поменьше; но я не вижу разницы между камнями по форме, цвету или твердости”. Вибрирующая струна делится на равные сегменты, каждый из которых вибрирует в пределах вибраций всей струны, звуча на октаву. Мы распознаем качественное сходство между тонами и их октавами, потому что привыкли слышать октаву, наиболее заметный из обертонов, во всех музыкальных звуках. Следовательно, по ассоциации, отличить ноту от октавы стало труднее, чем отличить ее от квинты; но из этого не следует, что воздействие 1024 колебаний на сенсорные клетки более похоже на воздействие 512, чем на воздействие 768. Но на данном этапе мы вынуждены построить некоторую гипотезу относительно того, каким образом вибрации воздействуют на чувствительные клетки. Протоплазма клеток не чувствительна к ним напрямую. Мы можем объяснить генерацию импульсов в нерве, связанном с определенной клеткой или группой клеток, только исходя из предположения, что резонирующий механизм, реагирующий на вибрации определенной частоты, сотрясает клетку. Даже в этом случае представляется необходимым предположить, что существует вспомогательный механизм, который нарушает клеточную протоплазму в достаточной степени, чтобы сделать встряхивание эффективным, вероятно, волоски трутся о слизистую оболочку. Анатомическое исследование не дает нам уверенности в теории существования нескольких тысяч резонаторов, настроенных на такое же количество нот разной высоты. Физикам остается сказать, можем ли мы представить себе, что один из этих мельчайших резонаторов реагирует на данную ноту в 10 отдельных октавах, другой - в 9 ... еще один - только в 1. Физики, со своей стороны, могут вполне обоснованно попросить анатомов указать на резонаторы и даже воспроизвести их в моделях таких размеров, которые позволяют проводить экспериментальные исследования.

Общепризнано, что ощущение аккорда складывается из ощущений, которые вызывает каждый из составляющих его тонов, и что наша способность анализировать это соединение зависит от внимания. Музыкант может направить свое внимание на любое из ощущений по своему желанию. Не столь очевидно, что человек, не разбирающийся в музыке, может сделать то же самое. Знакомство с музыкальными инструментами дает нам настолько точное представление о способе получения сложных тонов, что становится трудным решить, означает ли, когда мы говорим, что можем выделить E или G в общем аккорде, что мы можем слышать его в отличие от C и C', или это означает, что, зная строение аккорда, мы думаем о E или G, когда слышим сложный тон, исключая другие его составляющие. Затем, опять же, несколько струн, по которым мы пытаемся ударить одновременно, на самом деле не “придерживаются линии”. Их вибрации не находятся в одной фазе, даже если струны находятся в абсолютной гармонии. Несовпадение фаз может способствовать выделению нескольких составляющих аккорда. Здесь мы касаемся проблемы, о которой мы умолчали, пытаюсь дать представление о природе пульсаций, достигающих уха. Затем мы (стр. 405) описали частичные пульсации, которые накладываются на основную пульсацию, как если бы они обязательно начинались одновременно с ней. Мы предположили, что разность фаз частичных звуков равна нулю. Но ясно, что различия в фазе составляющих его тонов могут приводить к почти бесконечному числу вариаций в форме составной звуковой “волны”. По-разному ли воздействуют на ухо различные формы волн? Приводит ли разница в фазе к различию ощущений? В общих чертах, ответ на этот вопрос должен быть отрицательным; хотя можно показать, что в определенных случаях изменение фазы нескольких составляющих составного тона без какого-либо изменения их количества или громкости приводит к изменению его акустического качества. Любая попытка соотнести физические изменения — движение воздуха в наружном ухе - с воздействием, которое они, как можно предположить, оказывают на кортиева орган, должна учитывать этот



широкий диапазон изменения формы волны. Мы обратили внимание на трудности, которые это создает, но не надеемся указать способ, которым их можно преодолеть.

Ничто, связанное с физиологией чувства слуха, не является более замечательным, чем его способность к обучению. Улитка одного человеческого существа столь же обширна и сложна по структуре, как и у другого, и все же некоторые люди могут бесконечно более утонченно использовать ее в качестве аналитического аппарата, чем другие. Уроженец Торресова пролива не может различить как две отдельные ноты звуки, разделенные менее чем полутоном. Сэр Майкл Коста мог различать звуки в шестьдесят четвертой части полутонов. Улитка кошки устроена не менее сложно, чем у человека, однако психическая жизнь человека основана на анализе слуховых ощущений. Его высший прогресс на животном уровне зависел от изобретения языка, с помощью которого он передает и получает информацию, таким образом делая опыт вечным, несмотря на скоротечность индивидуумов, которые его приобретают и передают. Животное рождается, узнает, умирает. Человек начинает с мудрости расы, которая у него под ногами.

Слух имеет смутное происхождение в ощущениях движения или смещения. Связь между двумя особыми чувствами — так называемыми чувством ориентации и чувством слуха — всегда остается тесной. Давид танцевал перед Ковчегом Господним. У всех людей, диких и цивилизованных, музыка ассоциируется с движением. Высоко в животной шкале находится орган чувств, который позволяет его обладателю различать музыкальные тона. Благодаря его использованию Человек с огромной скоростью — по меркам земного времени — развил интеллект, который отличает его от всех других животных в пространстве планеты. Звучание его органа Корти чистыми тонами и сочетаниями чистых тонов доставляет ему чрезвычайное удовольствие, хотя это никоим образом не способствует его интеллекту. И все же в наслаждении музыкой есть качество удовольствия, которое делает ее почти сродни удовлетворению, которое мы испытываем, тренируя интеллект.

---

## ГЛАВА XV

### КОЖНЫЕ ОЩУЩЕНИЯ

Органов чувств, согласно освященной веками классификации, всего пять — обоняние, зрение, вкус, слух и обычные ощущения, или осязание; но такая классификация наших ощущений и органов, которые их вызывают, слишком груба для современных нужд. Мы уже показали, что, в то время как нос и язык передают информацию одного и того же рода, ухо передает информацию двух, возможно, трех различных видов. В сфере обычных ощущений мы выделяем три особых чувства, обслуживаемых специализированными органами чувств, — осязание, холод и тепло — и, возможно, четвертое, обслуживаемое неспециализированными нервами, к которым единственным надлежащим образом применим эпитет “обычный”.

Кожа снабжена нервами — обнаженными фибриллами — в самом большом изобилии. Их легче всего продемонстрировать в слое, покрывающем роговицу, благодаря его прозрачности; в нем,

как показано на [рис. 41](#), разветвляясь на передней поверхности волокнистой ткани, из которой состоит роговица, нервы проходят к поверхности, образуя соединения с каждой из ее клеток или, во всяком случае, с каждой клеткой более поверхностного из трех или четырех слоев, из которых состоит эпителий. Разветвленные нервные отростки этого типа при обычных условиях не передают сознанию никаких ощущений. Пока клетки кожи, с которыми они связаны, здоровы, нервные отростки устанавливают для них связи с центральной нервной системой, с помощью которой регулируется их питание; но они не передают импульсов, на которые мы могли бы обратить внимание. Движение моргания не сопровождается никакими ощущениями до тех пор, пока края век не соприкоснутся. Карандаш, прижатый к веку, вызывает сенсорные ощущения на коже, но не на роговице, которая лежит под ним. Когда крошечный жук повреждает поверхность роговицы, царапая эпителиальные клетки своими роговыми крыльями и лапками, разорванные нервные волокна передают сознанию импульсы или, как мы предпочитаем выражаться, воздействие, которое ощущается как боль. Но даже боль, вызванная повреждением роговицы, незначительна по сравнению с той, которая возникает в нижней части века, где не только эпителий снабжен разветвляющимися нервными отростками, но и присутствуют специализированные органы осязания для локализации места повреждения. Повсюду эпителий, покрывающий поверхность тела, настолько обилен, что успешное окрашивание нервных волокон наводит на мысль, что каждая эпителиальная клетка имеет свою нервную принадлежность. Это нервы обычных ощущений, если мы сохраним этот термин; но ощущения настолько обычные, такие неясные, так мало дифференцированные, что мы знаем о них не больше, чем о воздухе, который обволакивает наши руки и лица в теплый, безветренный день. Однако воздух, когда он движется, вызывает смутное, широкое, обобщенное ощущение, которое чувствительный нерв может придать ему определенность.

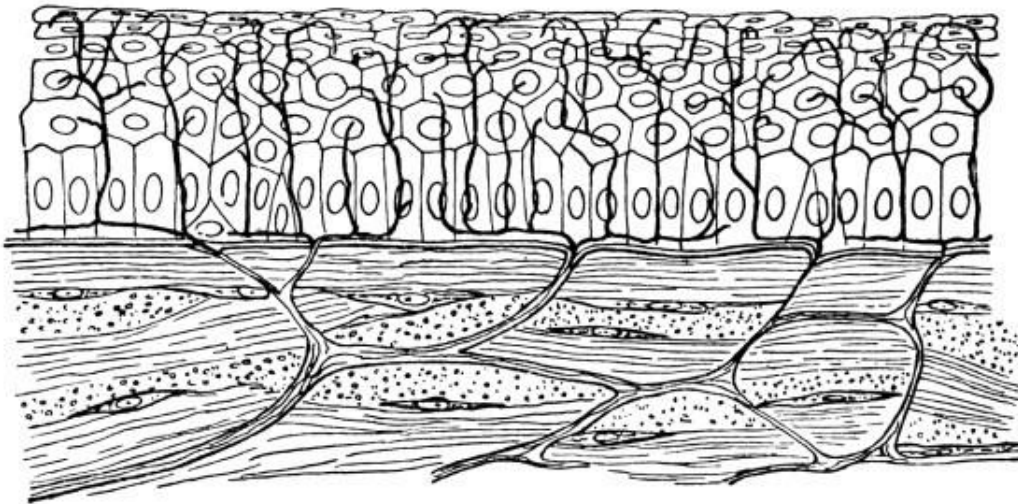


Рис. 41. Вертикальный разрез эпителия, покрывающего поверхность роговицы, и небольшой части вещества роговицы, сильно увеличенный.

Черные линии представляют собой обнаженные нервные волокна (окрашенные хлоридом золота), которые в очень большом количестве распределены среди клеток более поверхностных слоев эпителия. Вещество роговицы состоит из слоев прозрачных волокон с промежуточными клетками. Поскольку волокна нескольких листов пересекают друг друга под разными углами, их разрезают, одни поперечно, другие в направлении их длины.

Наблюдатель, посвятивший себя в течение многих лет исследованию кожных ощущений, и особенно “отраженных болей”, которые возникают из-за заболеваний внутренних органов, недавно приказал перерезать большой кожный нерв, который снабжает большим пальцем сторону предплечья и кисть, на своей собственной руке, чтобы он мог тщательно изучить возобновление ощущений. Он обнаружил, что никогда не терял способности распознавать смещения тканей под кожей. Тельца Пачини и другие конечные органы глубоко расположенных нервов регистрировали давление и натяжение, вызванные надавливанием или трением тупым инструментом. Через семь недель после травмы он начал распознавать раздражители, причиняющие вред, — горячие предметы, холодные предметы, укол булавкой, — хотя его способность локализовать поврежденное место была крайне расплывчатой. Иными словами, за семь недель протопатические нервы, которые не проходят по тем же определенным линиям, что нервы особых органов чувств, но образуют открытые сети со множеством альтернативных путей, восстановили свои кожные связи. Лишь постепенно и очень медленно возвращались важные ощущения — способность различать степень тепла, различать две отдельные точки циркуля, ощущать прикосновение ваты.

Согласно теории, изложенной в этой книге (стр. 312), боль - это не набор ощущений, а состояние центральной нервной системы, которое делает ее чрезмерно возбудимой или способной определенным образом реагировать на импульсы, которые имеют то же местное происхождение, что и нервный ток, вызывающий состояние боли. Когда был перерезан кожный нерв, эпителиальные разветвления восстанавливаются до того, как какие-либо специализированные тактильные или другие органы чувств восстановят свои нервные связи. Когда повреждается область, которая восстановила свои поверхностные разветвления, но не восстановила свои органы чувств, локализация боли не проявляется. Действительно, неясные ощущения, которые затем возникают при повреждении кожи, вряд ли можно назвать болезненными. Разветвленные нервы передают свое возбуждение в серое вещество спинного мозга; но не возбуждение *само по себе* вызывает боль. Именно прохождение импульсов через возбужденную область придает им, когда они достигают сознания, не только топографический смысл, но и тревожное чувство. До тех пор, пока специализированные органы кожи не будут восстановлены в рабочем состоянии, импульсы не будут проходить через возбужденное серое вещество, и, следовательно, не будет ощущения боли. Согласно этой точке зрения, существуют две системы афферентных нервов: протопатическая и специализированная, или критическая. Первый очень широко и обильно распределяется по поверхности тела, легким, пищеварительному каналу и другим внутренним органам. У него нет конечных органов, нет определенных путей в центральной нервной системе, нет определенных связей с корой большого мозга. Проводимые ею токи, если они берут начало во внутренней части этой системы, не оказывают прямого воздействия на сознание; но если они берут начало на поверхности тела, или в пищеварительном канале на нижнем конце пищевода, или в определенных других ситуациях, они взаимодействуют со стимулами тепла, холода или вытяжения. Критическая система работает более определенным образом. Ее импульсы исходят из органов чувств. Начиная с определенного потенциала, они передаются путем разряда последовательности связанных нейронов. Когда они достигают коры головного мозга, их потенциал достаточно высок, чтобы пробудить сознание. Их распределение в коре головного мозга столь же определено, как и их происхождение.

Для возникновения всех ощущений необходимы специализированные органы чувств. Внутри эпителия есть определенные клетки, которые выглядят так, как будто они предназначены для

сенсорных целей. Более глубокий слой, или дерма, кожи в изобилии снабжен структурами, в которых нервы заканчиваются наиболее сложными путями (рис. 42). Они обнаруживаются особенно в сосочках соединительной ткани, которые, располагаясь рядами, образуют гребни, которые можно увидеть на кончиках пальцев и в различных других ситуациях. Все эти органы состоят из групп эпителиальных клеток, которые, вытесненные из эпидермиса, погрузились в дерму вместе с соединенными с ними нервами. В своем дальнейшем развитии нервная часть аппарата усложняется разветвлением, ветви утолщаются и обычно сплющиваются в ленты, которые лежат на внешних поверхностях клеток или между ними. Более или менее выраженная капсула образуется для органа за счет уплотнения соединительной ткани.

Каждый может убедить себя, что кожа не обладает одинаковой чувствительностью. Сначала он может проверить ее на наличие минимального раздражителя, вызывающего ощущение прикосновения. Волос на голове — он не должен быть очень тонким — срезают поперек ножницами и, удерживая большим и указательным пальцами на нужном расстоянии от срезанного конца, протыкают кожу ладони. То тут, то там встречаются пятна, нечувствительные к столь незначительному давлению. Эти пятна не большие и не расположены очень близко друг к другу. Если таким же образом исследовать безволосую кожу руки между локтем и подмышечной впадиной, то обнаружатся гораздо большие пустые участки — овальные участки диаметром более  $\frac{1}{4}$  дюйма. При тестировании волосистой поверхности обнаруживается, что контакт с волосом всегда можно ощутить; а когда волосы сбриваются, обнаруживается, что пятна прикосновения простираются вокруг точек, в которых волосы проникают в эпидермис, или от них. Между ними находятся участки, лишенные осязания. Волосяные фолликулы содержат пучки нервных волокон, и, по-видимому, они являются главными органами осязания. “Тельца осязания”, которые в большом количестве находятся в сосочках кожи пальцев и в других местах, вероятно, можно рассматривать как генетически волосяные фолликулы, на которых не развились волосы.

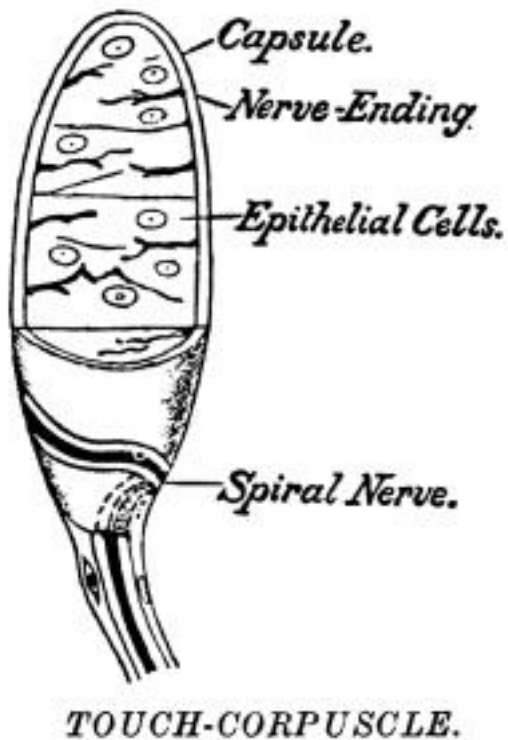
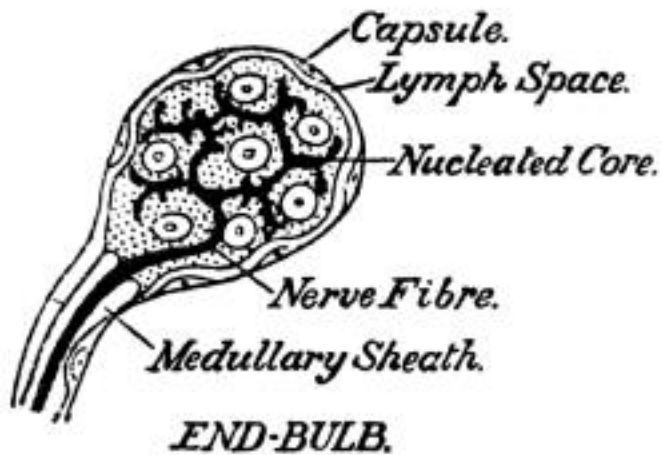
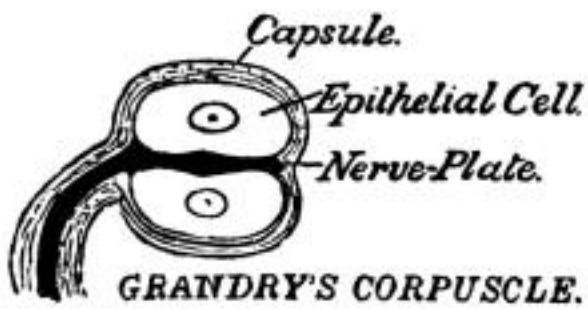


Рис. 42. Органы чувств, чувствительные к давлению.

Все они сформированы по существу по одному и тому же плану; фиброзная капсула окружает группу эпителиальных клеток, среди которых разветвляется нерв. Простейшая форма известна

как тельце Грандри - нервное окончание в одной или двух пластинках между двумя или тремя эпителиальными клетками. Эти органы в большом количестве содержатся в клювах водоплавающих птиц. Если понаблюдать за уткой, когда она поглощает грязь на краю пруда, можно увидеть, что она обладает замечательной способностью различать раковины маленьких улиток, которые она может раздавить, и камешки, которые ей нужно сбрасывать со своего клюва. Клюв также снабжен мелкими тельцами Пачини (рис. 43). Сенсорные тельца, более сложные по форме, чем изображенные на рисунке, находятся в сосочках кожи пальцев и в других местах. Они выглядят как модифицированные волосяные фолликулы. Концевые образования образуются в конъюнктиве и других местах, особенно в брюшине. Вместе с тельцами Пачини они ответственны за ощущения, связанные с растяжением желудка и кишечника.

Если исследовать чувствительность к боли, очень осторожно постукивая иглой — или, что лучше, используя жесткий конский волос, закрепленный в раздвоенной палочке, из которой он выступает примерно на 1/4 дюйма, — то обнаружится, что повсюду есть чрезвычайно чувствительные точки, в то время как рядом с ними находятся участки, которые умеренно чувствительны, а между этими областями небольшие пятна или участки кожи, которые не вызывают ощущения жжения, даже если конский волос раздвинуть вдвое.

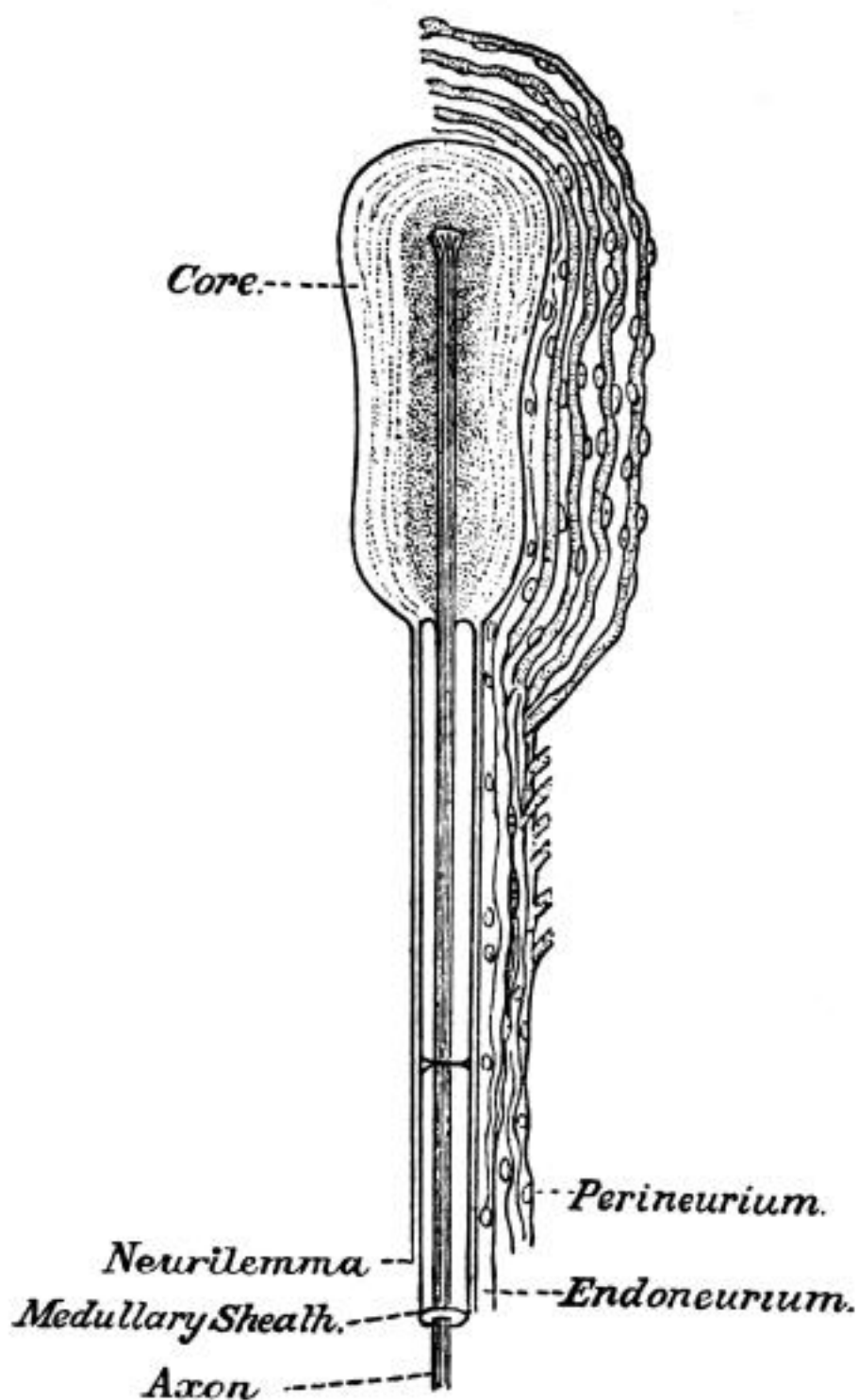


Рис. 43. Тельце Пачиниана.

Этих органов особенно много по соседству с сухожилиями и связками. Они также присутствуют под кожей рук и ног. Их капсулы образованы из большого количества концентрических пластинок соединительной ткани, окружающих лимфатические пространства. Внутри капсулы находится ядро из мелкозернистого вещества, которое также имеет тенденцию к пластинчатому



расположению. Структура этих относительно крупных органов чувств наводит на мысль о чувствительности к давлению, вытяжению или растиранию.

Теперь, проверяя чувствительность к холоду с помощью холодного тупого металлического наконечника, можно нанести на карту "холодные точки" на коже. Если металл нагреть примерно до 50 ° С, обнаруживаются "тепловые пятна". Различные виды пятен распределены очень неравномерно. Они могут совпадать, перекрывать друг друга или оставлять пустые места. Их относительная численность варьируется. В одних регионах более тесно сгруппированы точки соприкосновения, в других - холодные точки, в третьих - горячие точки. Язык и рука, и особенно кончики пальцев, наиболее чувствительны к прикосновению; но в то время как язык также чрезвычайно чувствителен к теплу, руки относительно нечувствительны. Однако, говоря в целом, детали, особенно чувствительные к прикосновению, мало чувствительны к температуре, и наоборот. Чувствительность к холоду гораздо более распространена, чем чувствительность к теплу. Она сосредоточена в коже, покрывающей внутренние органы брюшной полости. Холодный душ, направленный между лопаток, вряд ли ощущается как холодный. В этом нет никаких сомнений, когда он попадает на кожу над животом.

Из этих наблюдений следует, что кожа содержит три набора органов, чувствительных соответственно к прикосновению, холоду и теплу. Некоторые исследователи считают, что она также содержит специфические органы или нервные окончания, чувствительные к болевым стимуляторам; но в этом случае возникает очевидная трудность отличить боль от прикосновения. Ни в одном месте нельзя вызвать чистую боль, свободную от какого-либо осознания прикосновения.

В определенной степени комбинации эпителиальных клеток и нервных окончаний в коже удовлетворяют негативную потребность органов чувств; каждый вид, хотя и особенно чувствителен к своему специфическому стимулятору, нечувствителен к стимуляторам других видов. Но взаимное исключение не является абсолютным в случае холода и тепла. Если приложить к холодному месту нагретый металлический наконечник, возникает ощущение холода. Наши ощущения тепла и холода в значительной степени сопоставимы. Только что вынутым из горячей воды рукам теплая вода кажется холодной; умеренно холодная вода кажется теплой рукам, которые соприкасались со льдом. Сенсорный аппарат для восприятия холода и тепла быстро адаптируется, или, выражаясь физиологическим языком, он быстро утомляется. Если после длительного купания при температуре тела опустить ногу в очень горячую воду и быстро вынуть, то первое, что возникает, - это ощущение холода. Оно неотличимо от ощущения, вызываемого погружением стопы в холодную воду. Ощущение холода впоследствии сменяется ощущением болезненного тепла. Это не указывает на то, что горячие точки были выведены из летаргического состояния чрезмерной стимуляцией. Напротив, именно холодные точки, которые, когда их впервые стимулировала очень горячая вода, отвечали "Холодно", теперь кричат "Горячо"; ибо и холодные, и горячие точки при сильной стимуляции вызывают одно и то же ощущение. Действительно, похоже, что разум полагается на одновременную стимуляцию соседних горячих и холодных точек для уверенности в том, что предмет, с которым соприкасается кожа, действительно горячий. Если два металлических острия, одно из которых остается теплым, а другое холодным, приложить одновременно к двум близко прилегающим участкам кожи, возникает ощущение "жара". Когда холодное острие удаляется или заменяется вторым теплым острием, ощущение становится "теплым".



---

## ГЛАВА XVI

### ГОЛОС И РЕЧЬ

Разрез, проведенный горизонтально назад поперек хряща, который выступает вперед в виде Адамова яблока, на четверть дюйма ниже его выемки, показал бы, что он имеет **V-образную** форму, точка **V** впереди. Каждый выступ **V** представляет собой широкую пластинку. По средней линии находится щель, глотковая борозда, через которую трахея сообщается с глоткой (рис. 45). Над ней нависает жесткий надгортанник в форме листа, край которого можно прощупать пальцем за языком. (ϕλωττίς, мундштук тростниковой трубки, - это термин, обычно используемый для обозначения глоттидис.) Когда воздух втягивается в легкие, голосовая щель широко открыта. При разговоре или пении она почти закрыта. Она плотно закрывается, пока пища проходит по пищеводу.

Голосовая щель ограничена на передних двух третях двумя перепончатыми складками - голосовыми связками. В своей задней трети он имеет треугольный хрящ, черпаловидный, с обеих сторон. Иногда проводится различие между передней частью, ограниченной голосовыми связками, и всей голосовой щелью, первую называют “rima vocalis”; но это вряд ли оправдано, поскольку, хотя верно, что передняя часть по существу является органом голоса, и только ее края вибрируют при исполнении высоких нот, передние концы черпаловидных хрящей также вибрируют при издании низких нот. (Вещество этих отростков, собственно говоря, не является хрящом; оно напоминает надгортанник, поскольку содержит большое количество эластичных волокон.) И здесь мы должны предупредить читателя, чтобы он не представлял себе голосовую “связку” в виде своего рода струны для скрипки. Это не имеет никакого сходства с пуповиной, как мы обычно понимаем это слово; это всего лишь складка слизистой оболочки, подобная той, которую можно зажать между большим и указательным пальцами с внутренней стороны щеки. Его способность к вибрации зависит от напряжения, которое ему придает давление лимфы, с помощью которой он растягивается, и огромного количества чрезвычайно тонких эластичных волокон, которые пересекают его.

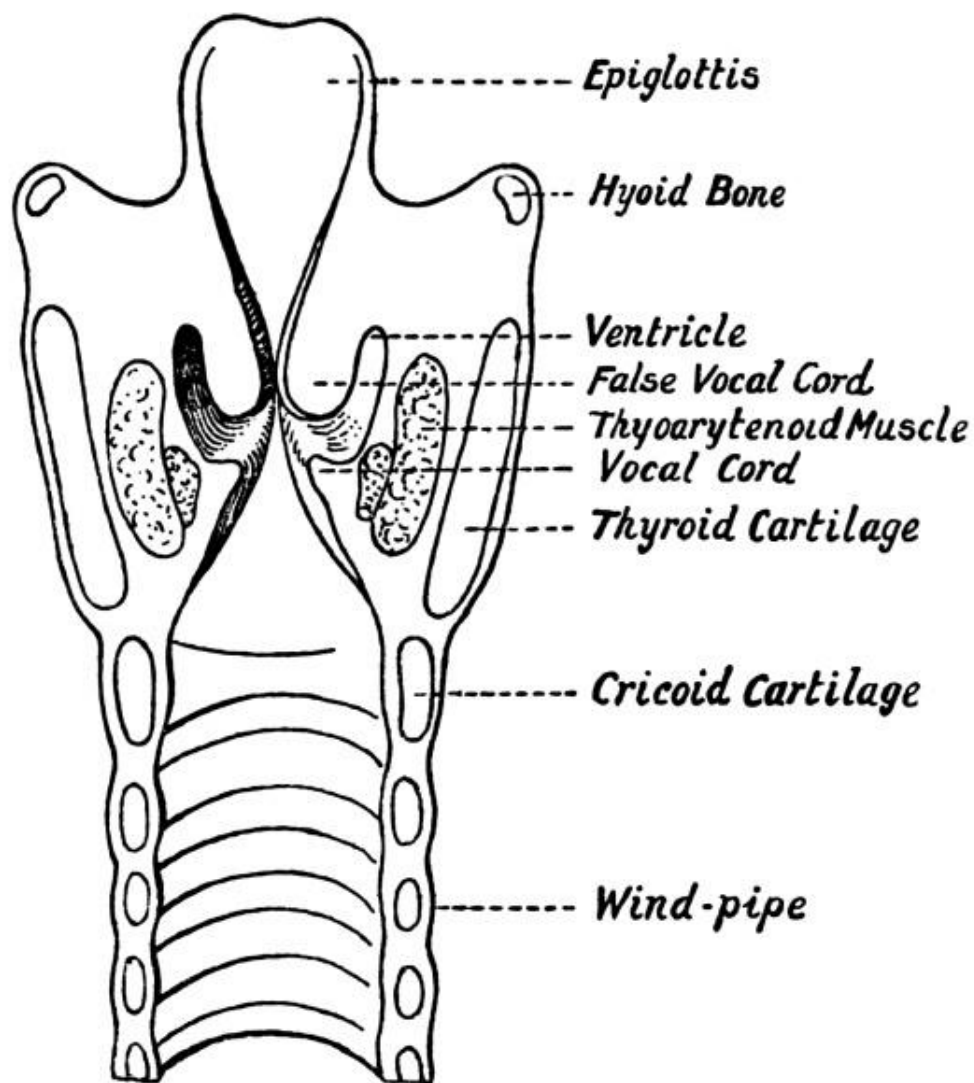


Рис. 44. Передняя половина гортани, видимая сзади.

На рисунке показаны складки слизистой оболочки, голосовые связки, которые тянутся от кончиков черпаловидных хрящей к углублению за срединной частью щитовидного хряща. На внешней стороне каждой голосовой связки видна щитовидно-черпаловидная мышца (разрезанная поперек), состоящая из широкой внешней части, в основном участвующей в закрытии голосовой щели во время акта глотания, и меньшей внутренней части, которая регулирует длину и толщину сегмента голосовой связки, которому позволено вибрировать.

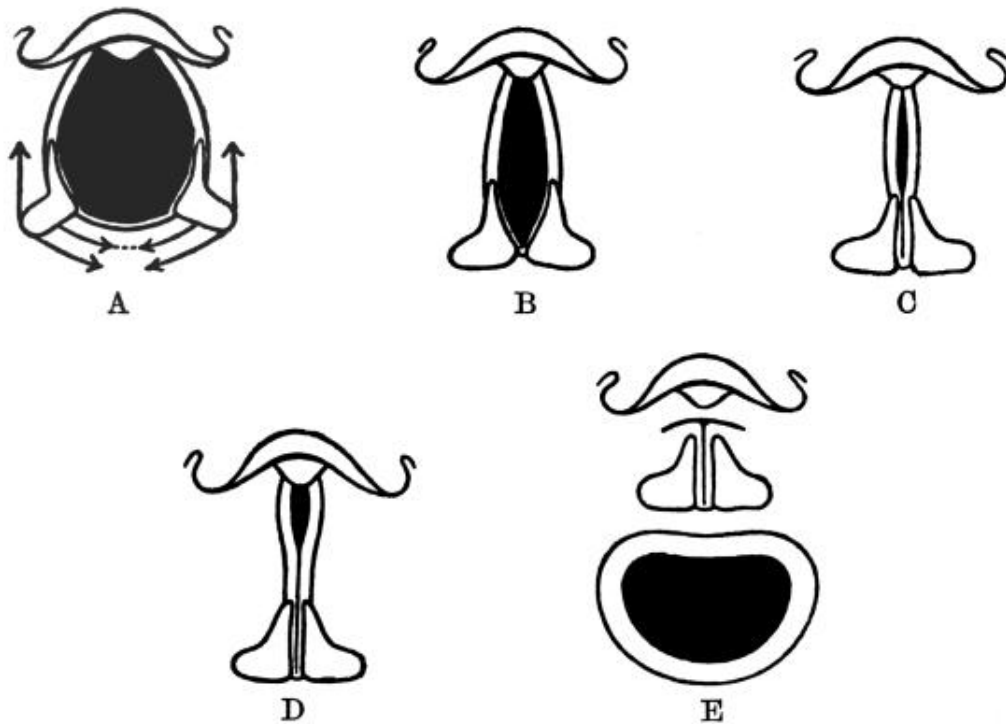


Рис. 45. Отверстие голосовой щели, видимое сверху.

Листовидная структура спереди - это надгортанник; две треугольные структуры сзади - черпаловидные хрящи; белые полосы по бокам - голосовые связки. А, голосовая щель широко открыта во время вдоха. Стрелками показаны направления действия мышц, которые вращают и приближают хрящи. Прикрепленные к их внешним углам и тянущие эти углы вперед - латеральные перстневидно-черпаловидные мышцы; тянущие их назад и внутрь - задние перстневидно-черпаловидные мышцы. Сближает хрящи, черпаловидные мышцы. Б, голосовую щель во время разговора глубоким грудным голосом или когда поется низкая нота нижнего регистра. С, во время получения высокой ноты нижнего регистра. D, во время получения ноты головного регистра. Е, Во время акта глотания; черпаловидные хрящи оттягиваются к надгортаннику, отверстие складывается в **букву**; глотка (трубка за голосовой щелью) растянута.

Первый хрящ под щитовидной железой - его можно прощупать пальцем — называется “перстневидный” (крікос, кольцо) из-за его сходства с печаткой. Узкая спереди, ее большая печатка выступает вверх, в пределах V щитовидной железы сзади, а на верхней части печатки покоятся два черпаловидных отростка. Каждый черпаловидный отросток представляет собой треугольную пирамиду, его передний, наружный и верхний углы продлены в отростки. Он соединен с перстневидной костью поворотным суставом, который позволяет ее переднему отростку поворачиваться внутрь или наружу под воздействием двух мышц—антагонистов, прикрепленных к его наружному углу - латеральной и задней перстно-черпаловидных. Другая мышца, прикрепленная только к черпаловидным железам, стягивает их вместе. Еще одна мышца — или две мышцы, поскольку она состоит из двух отдельных полос — соединяет передний отросток черпаловидной железы с задней поверхностью щитовидной железы как раз на внешней стороне прикрепления к этому хрящу голосовых связок. Внутренняя щитовидно-черпаловидная мышца представляет собой сравнительно узкую ленту; наружная щитовидно-черпаловидная мышца толстая и широкая.[3] При одновременном сокращении окружающих

мышц гортань плотно сжимается, передняя часть щели образует Т с поперечным выступом спереди. Это происходит только при глотании. При совместных сокращениях нескольких мышц голосовая щель принимает различные формы. Наружные перстневидно-черпаловидные отростки поворачивают передние углы черпаловидных хрящей внутрь (рис. 45, А). Если в то же время черпаловидная мышца стягивает хрящи вместе, голосовая щель сокращается до щели (рис. 45, В). Задние перстневидно-черпаловидные мышцы вращают хрящи наружу. Если черпаловидная мышца при этом расслаблена, голосовая щель раскрывается на полную катушку (рис. 45, А). Чем свободнее отверстие, тем меньше сопротивление потоку воздуха, тем мягче вибрация шнуров, тем ниже голос. Чем ближе щель, тем большее сопротивление воздуху в трахее приходится преодолевать, проходя через нее, и, следовательно, тем более сильные вибрации он вызывает в голосовых связках.

Голосовые связки представляют собой язычки тростниковой трубки, которая, начинаясь в грудной клетке в месте, где большие бронхи соединяются, образуя трахею, включает гортань, а над гортанью - сложные камеры горла, полости рта и носа, включая пространства внутри костей головы, которые открываются из них. Высота голоса зависит от (1) длины голосовых связок и (2) их напряжения. Первый фактор является постоянным для каждого человека. Голос у мужчины низкий, баритон, тенор; у женщины контральто, меццо-сопрано, сопрано — в зависимости от длины связок, средней длины или коротких. Голосовые связки мужчины в среднем составляют 15 миллиметров, женщины - 11 миллиметров. Когда мальчику от двенадцати до пятнадцати лет, его голосовые связки удваиваются в длину, и происходит “ломка” голоса, когда он отказывается от попыток извлечь высокие ноты из своих более длинных связок и позволяет им воспроизводить мужественные тона на октаву ниже.

Нижние задние углы щитовидных хрящей сочленяются с перстневидной костью. Если четыре хряща освободить от всех мягких тканей, не затрагивая щитовидно-перстневидный или перстно-черпаловидный суставы, и если при удержании щитовидной железы в одной руке палец другой положить на переднюю часть перстневидной кости, то будет обнаружено, что при ее вдавливании черпаловидные хрящи, которые опираются на ее печатку, наклоняются вверх и вперед внутри щитовидной железы; при ее поднятии они отклоняются от нее. В жизни это движение осуществляется мышцей — перстневидно-щитовидной железой (рис. 46), прикрепленной к передней части перстневидного хряща и к нижней границе боковой пластинки щитовидной железы. Это мышца, имеющая первостепенное значение для создания голоса. Щитовидный хрящ удерживается в фиксированном положении подъязычной костью (прощупывается на шее над ней). Перстневидно-щитовидная мышца, будучи неспособной давить на щитовидную железу, приподнимает переднюю часть перстневидного хряща, отклоняет черпаловидные отростки назад, напрягает голосовые связки. По мере того как голос поднимается по шкале, натяжение связок постепенно увеличивается, и их вибрации становятся пропорционально более быстрыми. Диапазон человеческого голоса составляет около трех с половиной октав; отдельных голосов - около двух октав; если исключить пронзительный крик ребенка, который может достигать третьей G над средним C или даже выше (E" или F"). Исключительные голоса имеют диапазон, намного превышающий две октавы. Голос фальцетом создается путем выведения из вибрации половины голосовых связок (способ, которым это достигается, неясен) и в то же время поднятия задней части языка к стенке горла таким образом, чтобы перекрыть всю нижнюю часть верхней резонирующей камеры, оставив только рот и полости носа.

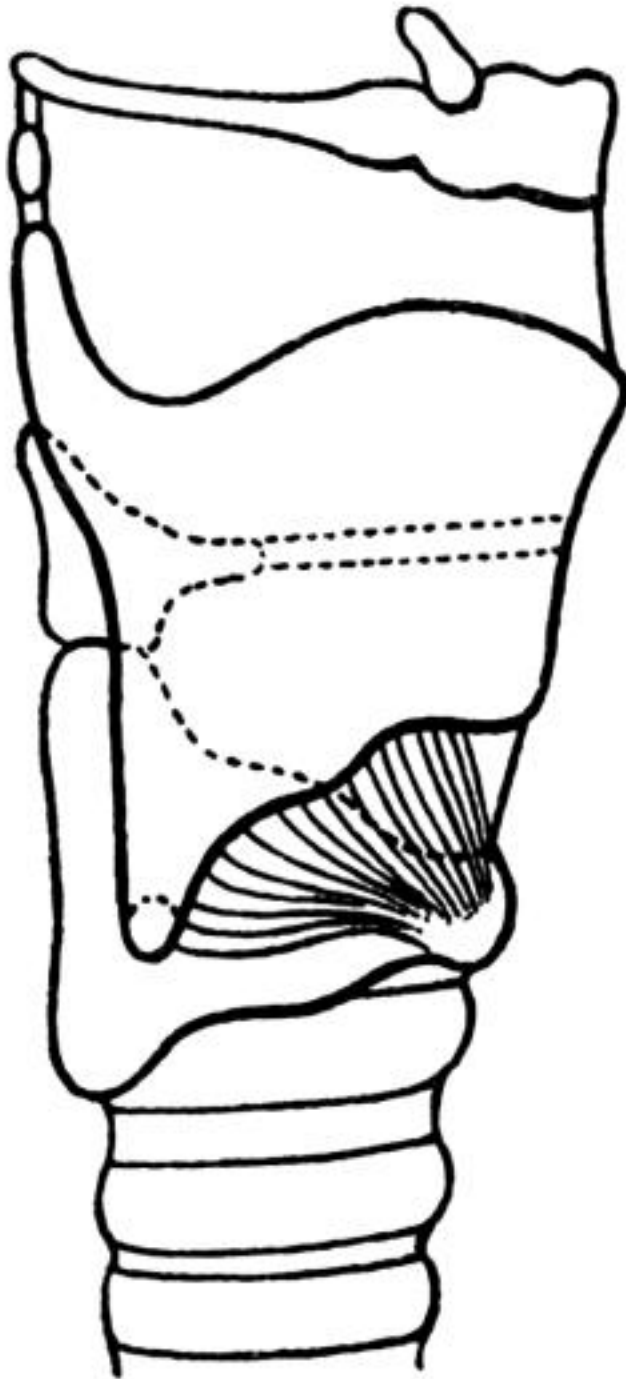


Рис. 46.—Гортань с правой стороны.

Сверху вниз: подъязычная кость, щитовидно-подъязычная оболочка, щитовидный хрящ, перстневидный хрящ, трахея. Верхний и задний угол крыла щитовидного хряща подвешен к подъязычной кости; его нижний и задний угол сочленены с перстневидным хрящом. На вершине перстневидного хряща он сочленяет черпаловидную кость. Пунктирные линии указывают положение голосовой связки. Перстневидно-щитовидная мышца, которая поднимает переднюю часть перстневидной кости, отклоняя черпаловидный хрящ назад и

натягивая голосовые связки, веерообразно простирается от передней части перстневидной кости до нижней границы крыла щитовидной железы.

Пока механизм голоса легко понять. По мере подъема по шкале голосовые связки постепенно напрягаются за счет сокращения перстневидно-щитовидных мышц. Но анализ ощущений, испытываемых во время пения (и качества производимых звуков), показывает, что сами по себе эти мышцы не способны вносить изменения в натяжение связок, достаточные для обеспечения полного диапазона голоса. Или, другими словами, напряжение голосовых связок не изменяется в той степени, которая была бы необходима, если бы только от этого зависел диапазон от двух до трех октав. Очевидно, что каким-то образом длина или толщина, или и то, и другое, вибрирующих участков шнуров изменяются по мере подъема шкалы. Если начало произносится на низкой ноте, то после того, как было спето определенное количество нот, достигается точка, после которой происходит внезапный переход. Происходит изменение качества звука, тем более заметное, чем менее натренирован певец. Певец испытывает чувство облегчения. Если положить палец на его перстневидно-щитовидную мышцу, можно обнаружить расслабление ее передних волокон. По мере продвижения вверх по шкале эти волокна снова напрягаются. В определенный момент снова происходит изменение в качестве голоса и в чувствах, которые сопровождают его звучание. Говорят, что две точки, в которых происходит изменение, разделяют голос на три “регистра” — нижний, или грудной, регистр, средний и верхний, или головной. Требуется большие усилия, чтобы удержать любой регистр выше его естественного диапазона.

Физиология регистров - тема слишком сложная, чтобы рассматривать ее в этой книге. С помощью ларингоскопа можно наблюдать за гортанью во время воспроизведения звуков различной высоты, но наблюдатели расходятся во мнениях относительно явлений, которые она представляет, или их интерпретации. Возможности изменения язычка, который вибрирует, голосовой связки, иначе, чем путем увеличения прямого воздействия на нее перстневидно-щитовидной мышцы, по-видимому, заключаются в следующем: (1) Во время получения самых низких нот эластичная часть черпаловидного хряща может быть включена в состав связки. Он может быть выведен из состояния вибрации вращением внутрь (под действием латеральной перстневидно-черпаловидной мышцы) до тех пор, пока не будет прижат к своей соседке. (2) Определенные участки спинного мозга могут быть ослаблены частичными сокращениями внутренней щитовидно-черпаловидной мышцы. Часто утверждалось, хотя это утверждение принимается не всеми анатомами, что некоторые волокна, берущие начало из черпаловидного хряща, заканчиваются в спинном мозге, вместо того чтобы проходить прямо к щитовидной железе. Предполагается, что своим сокращением они выводят из вибрации заднюю часть струны — даже, как утверждается, на целых две ее задних трети на более высоких верхних нотах. (3) По-видимому, ширина (толщина) вибрации спинного мозга также регулируется сокращением щитовидно-черпаловидной мышцы. Те, кто считает уменьшение толщины и ширины вибрирующей складки слизистой оболочки и лежащей под ней эластичной ткани главным фактором адаптации гортани к среднему регистру, придают большое значение чувству облегчения от мышечных усилий, сопровождающему переход. Для затягивания более тонкого шнура требуется меньшее усилие. Они также обращают внимание на потерю громкости голоса при оставлении нижнего регистра и на его большую мягкость. О нижнем говорят как о толстом регистре, о среднем - как о тонком, а о верхнем (исходя из гипотезы, что вибрирует только часть шнура) - как о малом регистре.

Пение раскрывает возможности гортани как музыкального инструмента. В **речи** гортань играет определенную роль, но форма слоговых звуков и относительная выраженность обертонов в гласных имеют большее значение, чем высота звука. Гибкость голоса зависит от способности по желанию увеличивать или уменьшать размер резонирующих камер горла, рта и носа или от свободы доступа к ним. Разговор ведется в нижнем или грудном регистре. Когда опытный оратор поднимается на трибуну, первые несколько минут он тратит на то, чтобы определить высоту тона зала, то есть ту высоту своего голоса, на которую зал резонирует наиболее свободно. Найдя правильный тон, он старается поддерживать равномерное напряжение своих голосовых связок и, следовательно, равномерную высоту звука. Он разгоняет монотонность речи подходящими вариациями ее обертонов. Нет ничего более неприятного для прослушивания, чем речь, произносимая в интонациях. Голос говорящего должен быть полным, округлым и музыкальным, свободным от наигранности — столь же невинным в интонации или проповеднических качествах, сколь и в резкости или вульгарной прямолинейности. Гибкий голос способен воспроизводить, когда того требует случай, интонации любого качества. С горлом и ртом, предназначенными для произнесения слога “хав”, невозможно отдать должное таким словам, как “король” и “королева”. Интонации высокомерного человека так же неприятны для слушателя, как и интонации вульгариста. Неприятным также является носовой свист, нелогично называемый так, поскольку он обусловлен не открытием резонирующих камер носа, а ограничением поступления в них воздуха. В этом он чем-то похож на эффект, производимый сильной простудой. Резонанс в носовых полостях создает чистый, звенящий голос.

Небольшого рассмотрения различных качеств разных голосов достаточно, чтобы показать, насколько сильно они зависят от резонанса. При анализе гласных звуков обнаруживается, что отличительный характер каждого из них зависит от содержащихся в нем обертонов. Для каждой гласной обертоны фиксированы или очень близки к ним, независимо от высоты ноты, с которой произносится гласная.

Приходится очень сожалеть, что алфавит был создан до того, как была понята физиология речи. Если бы оно основывалось на разумных принципах, дети были бы избавлены от замешательства, которое охватывает их, когда они пытаются установить в своем сознании какую-либо связь между названиями согласных звуков и их воздействием на поток воздуха, когда он проходит через горло и рот, а также между языком и небом, зубами и губами. Гласные, если бы физиологи определили их, были бы настоящими чистыми гласными тонами -*ōō*, *o*, *ah*, *ēē*. А (*é* так резко выражены, как во Франции) сомнительно чистый—она имеет тенденцию затихать в *ēē*; *ī* откровенно дифтонг, *ай* (*ай-ēē*). Попробуйте задержать длинную заключительную ноту на слоге “почти”! Международный стандарт гласных звуков был бы установлен путем указания периодов вибрации камертонов, для которых в каждом отдельном случае формируются резонирующие камеры, и определения относительной акцентуации каждого обертона. Величайшее благо из всех - вторжение эссекского диалекта было бы остановлено. Ему не позволили бы затопить Лондон или затопить Австралию, унизив наш английский язык. В речи кокни гласные вырождаются по линии величайшей лени. *Aw* становится *или*, или *аг*; *a* становится *і*. Требуется больше усилий, чтобы произнести полное *a*, чем бемоль *a*, определенное бемоль *a*, чем *і*. И хуже, чем нежелание кокни брать на себя труд, необходимый для произнесения достойных гласных, является его нежелание прилагать усилия, необходимые для сохранения любого тона. В его устах мужественные, уверенные в себе гласные заменяются выхолащенными дифтонгами, которые разрушаются по мере того, как доносятся до слуха. Стоит

больших усилий зафиксировать ротовую полость перед произнесением гласной и удерживать ее неподвижно до тех пор, пока она не будет произнесена. *Ah* скользит вниз через *ai* к *ēē*; *i* скользит в *ēē*. “Корова” становится *кью*; “ты” - *йе-у-у*; “телега” - *кярт*. И точно так же, как пренебрегаются усилиями, необходимыми для заполнения гласных, так же неохотно расходуются дополнительные звуки для их придыхания.

Когда гласная произносится шепотом, хотя голосовые связки не вибрируют, взрыв, проходящий через резонирующие камеры, создает обертоны, характерные для гласной. Любой, кто ощущает собственную гортань, когда он поет под одну и ту же ноту различные гласные между *ōō* и *ēē* — он может выбирать себе количество гласных *ай*, *ес* и *й*, которые он вставляет между этими двумя крайностями, — поймет, что окружающие ее мышцы тянут ее все дальше и дальше вверх. При этом полость рта становится короче и шире для каждой последующей гласной. Произнося несколько гласных перед фортепиано и одновременно ударяя по различным клавишам, во рту ощущается, что резонанс этой камеры усиливается определенными выбранными нотами. Некоторые камертоны, когда их подносят ко рту в форме гласной, звучат громче, потому что полость рта резонирует с их основными тонами. Обертоны гласных могут быть проанализированы таким образом. И наоборот, при одновременном звучании соответствующего набора камертонов, каждый с нужной степенью силы, можно синтезировать обертоны гласной. Таким образом, если в то время, как один камертон звучит  $B_1$  *b* (*B* *б* над средним *C*), добавить два других, дающих  $B_2$  *b* (громкий) и  $F_3$  (мягкий), составной звук напоминает гласную *о*. Если к этим же трем вилкам, где  $F_3$  звучит сильнее, добавить  $B_3$  *би* громкое  $d_4$ , звук изменится на *ах*.

Голосовой орган представляет собой комбинацию тростниковой дудочки с резонирующими камерами, форму которых можно изменять по желанию. Качественная характеристика гласной придается ей путем добавления к ноте, производимой в гортани, звуков из-за резонанса горла и рта. Исходя из предположения (не допускаемого всеми авторитетами), что, поскольку резонирующие камеры не являются производителями звука, они могут только добавлять к тону гортани в качестве “формант” гласной ее собственные гармоникки - звуки, которые они извлекли из нее, - из этого следует, что если бы при изменении основного тона резонаторы не были приспособлены к новой ноте, они были бы немymi. Если такое отношение к вопросу оправдано, то должно быть определенное изменение качества гласной по мере подъема по шкале. Но гласная - это не музыкальный тон; это обычный звук. Вся ее ценность зависит от сохранения, насколько это возможно, одного и того же качества, какой бы ни была высота ее основного тона. Изменяя форму горла и рта, мы можем не только предотвратить переход одной гласной в другую, но и сохранить ее настолько близкой к самой себе, чтобы убедить слух в неизменности ее качества: *ōō* остается *ōō*, and *ah* *ах*, хотя форма звука, производимого на *C#*, отличается от его формы при пении на *C*. *B*

Помимо общего различия, заключающегося в том, что низкие ноты легче воспринимаются при произнесении гласных, требующих большой полости рта, а высокие ноты - при произнесении маленьких, существуют определенные, очень четкие отношения между гласными звуками и музыкальными тонами, которые необходимо иметь в виду при наложении слов на музыку. Певец меняет слово, когда чувствует, что его гласный тон не позволяет ему придать ноте, на которую оно задано, самое полное выражение, на которое он способен.



Описание физиологии образования согласных можно найти в большинстве учебников грамматики.

---

---

КОНЕЦ

BILLING And SONS, LTD., ТИПОГРАФИЯ, ГИЛФОРД

---

### СНОСКИ:

[1] Протеин, *подз.*, протеид, *прил.*, общие термины для сложных азотистых веществ, таких как альбумин (яичный белок), менее растворимые глобулины, фибрин крови, казеин молока и т.д.

[2] Обратите внимание на различие между фильтрацией и диализом. Если воду, содержащую растворимые и нерастворимые вещества, поместить в пористый сосуд, вода и растворимые вещества пройдут через поры сосуда. Скорость потока зависит от давления. Если воду, содержащую растворимые вещества, поместить в мочевого пузырь, а мочевого пузырь поместить во взвешенное состояние в сосуде с водой, некоторые из веществ, которые он может содержать — например, яичный белок — не способны к диффузии; другие перейдут из воды внутри мочевого пузыря в воду, которая его окружает. Но каждое диффундирующее вещество имеет свою собственную осмотическую ценность. Некоторые быстро проходят через мембрану, вскоре устанавливая состояние равновесия между двумя жидкостями; для других требуется много времени. Далее, если вода с одной стороны мембраны содержит определенный весовой процент соли, молекулы которой крупные — скажем, сульфата магнезии, — а вода с другой стороны содержит такой же весовой процент соли с меньшей молекулой, скажем, хлорида натрия, то вода, содержащая соль с меньшей молекулой, будет переходить в воду, содержащую соль с более тяжелой молекулой, с определенной силой. Если для начала оба раствора находятся на одном уровне, то уровень раствора, содержащего менее растворимую соль, сульфат магнезии, в начале эксперимента повысится. Поэтому говорят, что он оказывает большее осмотическое давление, чем более диффузионная соль-хлорид натрия. Равновесие не будет установлено до тех пор, пока жидкость на одной стороне мембраны не будет содержать то же количество молекул на единицу объема, что и жидкость на другой стороне. Если молекулы сульфата магния изобразить в виде апельсинов, а молекулы хлористой натрия - в виде орехов, то будет понятно, что равновесие не установится до тех пор, пока количество апельсинов и орехов в пинте пива с одной стороны не сравняется по количеству апельсинов и орехов в пинте пива с другой. Когда эти принципы применяются к прохождению воды, содержащей продукты пищеварения, через стенку пищеварительного канала, становится очевидным, что, если мы понимаем все условия, этот процесс нельзя объяснить просто проявлением осмоса. Возьмем простейшую иллюстрацию. Когда сыворотка крови попадает в кишечник, она всасывается.

Если бы это было в диализаторе, было бы равновесие между сывороткой внутри кишечника и лимфой снаружи. Не было бы никакого осмоса. Или, опять же, предположим, что вода, содержащая 2% обычной соли, попадает в кишечник, мы обнаруживаем, что и соль, и вода проходят через него в лимфу. В диализаторе вода будет проходить из лимфы (которая содержит соли, равные примерно 0·9% хлористой натриевой кислоты) через мембрану в более сильный раствор. Солевой раствор должен быть очень концентрированным, чтобы заставить воду пройти обратный путь через стенку кишечника и, таким образом, действовать как слабительное. Когда мы изучаем всасывание из пищеварительного тракта, мы обнаруживаем, что его стенка, если ей требуется соль или любое другое вещество, бросает вызов законам осмоса. Если соль нежелательна, проявляются обычные явления осмоса. Сульфат магнезии (английская соль) при всасывании может нанести вред. Стенка кишечника ведет себя по отношению к ней как мертвая мембрана. Соль удерживает воду, в которой она растворена: возможно, вода переходит из лимфы в раствор соли. В результате содержимое кишечника становится чрезмерно жидким. Соль действует как очищающее средство.

[3] Гортань быка - замечательный объект изучения. Почти по всем параметрам формы и строения она практически идентична человеческой гортани, а ее большой размер облегчает ее препарирование.

---

Примечания переписчика:

---

Иллюстрации были перемещены таким образом, чтобы они не разделяли абзацы и располагались рядом с текстом, который они иллюстрируют.

Старые или устаревшие варианты написания были сохранены.

Типографские ошибки были исправлены автоматически.